

Конспект лекций

по курсу

«Сети ЭВМ и телекоммуникации»

Преподаватель: Ващенко Борис Иванович

Москва, 2011

Все права защищены и бла-бла-бла(с).

Оглавление

Конспект лекций	1
по курсу.....	1
«Сети ЭВМ и телекоммуникации»	1
Преподаватель: Ващенко Борис Иванович	1
Определение и назначение ЛВС.	4
Назначение сетей.....	4
Типы сетей.....	4
Сети с коммутацией пакетов и с коммутацией каналов.	4
Различают 2 типа системы:	4
Разновидности сервера.....	5
Компоновка сети.....	5
Физическая и логическая топологии.....	5
Методы доступа к разделяемому каналу связи (КС).....	6
Технология ЛВС.....	6
Сравнительная оценка тактированных технологий.	7
Технологии со случайным доступом (с состязанием абонентов).	7
Методы с детерминированным доступом.....	9
Основные характеристики ЛВС.....	9
Аппаратное обеспечение ЛВС.	10
Аппаратура Ethernet.	11
Неэкранированная витая пара.	12
Оптоволоконный кабель.....	12
Параметры спецификации Ethernet.....	12
Беспроводные сети.....	13
Платы СА.	13
Параметры СА.	14
Сетевые модели.....	15
Взаимодействие уровней моделей ISO.	15
Уровни моделей ISO.	16
Сетезависимые или сетенезависимые протоколы.....	18
Модель Project 802 IEEE	18
Передача данных по сети.....	20
Особенности метода доступа CSMA/CD.	21

Время двойного оборота и распознавания коллизии.....	22
Максимальная производительность сети Ethernet	22
Форматы кадров в Ethernet.	23
Протокол LLC канального уровня.	24
Структура кадров LLC.....	24
Структурная схема трансивера.	26
Стандарт 10/100 BASE-T.....	27
Домен коллизий.	28
Методика расчета конфигурации сети ethernet.	28
Расчет PDV.	29
Расчет PVV.	30
Технология Token Ring.....	31
Формат кадров TokenRing.	31
Приоритетный доступ к кольцу.	33
Физический уровень технологии Token Ring.....	34
Технология FDDI.....	35
Соответствие протоколов FDDI семиуровневой модели	35
Логика метода доступа FDDI.....	36
Отказоустойчивость FDDI.	36
Подключение узлов к кольцам FDDI.	37
Физический уровень технологии FDDI.....	37
Оптоволоконный PMD.....	38
TP-PMD.....	38
Технология Fast Ethernet.....	39
Физический уровень 100-BASE-Tx.	40
Коммутаторы.....	41

Определение и назначение ЛВС.

ЛВС – совокупность технических и программных средств для распределенной передачи и обработки данных, путем объединения с помощью цифровых каналов связи (КС) десятков и сотен абонентов, обладающих собственными вычислительными средствами.

Первые ЛВС возникли в середине 70х XX века – Arpanet (Advanced Research Project Agency)

Ethernet: ether – эфир, net – сеть.

Назначение сетей.

1. Управление распределенными технологическими процессами
 2. Финансово-экономическая и управленческая деятельность
 3. Информационно-поисковая и справочная системы
 4. САПР
 5. Системы сбора и обработки информации
 6. Средства контроля и диагностики оборудования
- и т.д.

В настоящее время существуют многочисленные фирмы, изготавливающие оборудование для сетей. Поставляемые ЛВС не являются готовым продуктом – это полуфабрикат, т.е. упорядоченный набор кабелей, модемов, сетевых адаптеров (СА), программных средств и т.д., реализующих конкретную ЛВС потребителя.

ISO – International Standards Organization – стандарт 11801.

Типы сетей.

Различают сети разных уровней:

- LAN – Local Area Network
- MAN – Metropolitan Area Network (корпоративная сеть)
- WAN – Wide Area Network

Сети с коммутацией пакетов и с коммутацией каналов.

В глобальных и региональных сетях технология передачи данных напоминает технологию АТС (Автоматизированной Телефонной Станции) и совмещает характерный для нее метод коммутации физических каналов с технологией коммутации пакетов, которая организационно напоминает технологию почтовой связи. В ЛВС используется только коммутация пакетов, передаваемых по единому КС.

Различают 2 типа системы:

- Одноранговые сети (peer-to-peer)
Нет иерархии между рабочими станциями, нет выделенных рабочих станций, каждая рабочая станция выступает как клиент и как сервер и она решает какие ресурсы представить на внешний доступ. Такие сети называют так же рабочими группами. В такой сети обычно не больше 10 рабочих станций. Были сети в 90х годах, в настоящее время редко встречаются.

- Сети на основе сервера (server based)

В сети имеется выделенная рабочая станция, предназначенная для управления и обслуживания остальных PC – сервер. Управление централизовано. В настоящее время является промышленным стандартом.

Разновидности сервера.

В больших сетях используются различные компьютеры-серверы для каждого назначения:

- File server
- Print server
- Сервер приложений
- Почтовый сервер
- Факс сервер
- Коммуникационный сервер (управляет потоками данных между этой сетью и другими)

В более мелких сетях отдельные виды серверов могут быть совмещены в одном компьютере.

Компоновка сети.

Топология сети характеризует физическое и логическое взаимное расположение компонентов сетей (кабелей, хабов, коммутаторов).

Базовые топологии:

1. Шина (bus)

Основано на коаксиальном кабеле.

10-base-2 – тонкий, диаметр 5мм, длина не более 185м

10-base-5 – толстый, диаметр 10мм, длина не более 500м

2. Звезда (star)

Несколько компьютеров подключаются параллельно к одному хабу/свичу/роутеру. Длина провода не более 100 метров.

3. Кольцо (ring)

Несколько компьютеров подключаются последовательно друг к другу, замыкаясь в кольцо. Один из компьютеров назначается «монитором» - он имеет встроенную программу, которая управляет сетью.

Бывают комбинированные топологии, например, несколько хабов, с подключенными к ним компьютерами, соединяются между собой.

Физическая и логическая топологии.

Если физическая топология характеризует взаимное физическое расположение элементов сети, то логическая топология характеризует порядок взаимодействия рабочих станций в сети. Конкретная физическая топология может быть реализована в другой логической топологии. Например, физическая шина – логическая кольцо.

Кольцо:

- Явная передача права: УУ – выделяется устройство управления; без его команды ни одна РС не может выйти в сеть, т.е. УУ посылает маркер с адресом РС, которой дается право.
- Неявная передача права: нет УУ, но в СА каждой РС есть программа, в ней записаны адреса всех РС и порядок работы.

Методы доступа к разделяемому каналу связи (КС)

По реализации метода доступа к КС различают:

1. Случайный доступ (Ethernet) – реализуется только децентрализованно – каждая РС выходит в КС по собственной инициативе;
2. Детерминированный доступ (Token ring) – может быть реализован и централизованно и нет – в КС в данный момент времени выходит только одна РС, выполняя четкий порядок.

Технология ЛВС.

Предполагается использование общего КС многими РС.

Одновременное использование КС реализуется двумя путями:

1. *Временное уплотнение КС*
Каждый узел использует в течение одного или нескольких временных интервалов (тактов), либо узлы состязаются за владение на время окна (такта).
2. *Частотное уплотнение КС*
Каждая пара РС (передатчик-приемник) работает на своей полосе частот; т.о. в одном КС на различных частотах могут быть организованы несколько каналов.
Линия – физический носитель информации (сигналов). В ней могут быть несколько каналов.
Частотная модуляция/демодуляция для разделения каналов. Сначала модуляторы, а потом фильтры.

Технология с резервированием времени предполагает циклическую работу ЛВС, РС могут вести передачу только в выделенное им время окна с длительностью T/N , где T – период, а N – количество РС.

Графики предоставления временных окон могут быть:

1. Статические (равномерные);
2. С распределением по периоду (несколько окон подряд);
3. Динамические (график адаптируется к РС по их запросам). Этот способ используется только в региональных и глобальных сетях.

Селективная технология с опросом является развитием предыдущей. Если РС хочет передать сообщение, то она отвечает на присланный ей вопрос положительным ответом. Опросом управляет специально выделенный узел управления.

Селективная технология с запросом. Если ввести еще одну шину, по которой передаются запросы от узлов, то получим технологию с запросом, или прерываниями. Запросы ставятся в очередь и обслуживаются по их приоритетам. В ЛВС не используется.

Технология с передачей права (маркера) Token.

Маркер – «Эстафетная палочка» - передается по очереди каждой РС. Получив маркер, РС может передавать данные. Т.о. в каждый конкретный момент времени только одна РС имеет право выходить в сеть.

Различают явную и неявную передачу маркера. При явной передаче указывается конкретный MAC-адрес станции, которой посылается маркер. При неявной передаче маркер естественным образом передается по КС следующей по порядку РС. Эта технология используется в ЛС. TokenRing предполагает физическую топологию. Эта топология – детерминированная.

Сравнительная оценка тактированных технологий.

Ситуация, когда в ЛВС 4 РС и РС₃ необходимо переслать сообщение, на передачу которого потребуется два временных окна (такта).

Технология с резервированием времени – не производительна.

Технология с опросом – более производительная.

Технология с запросом – еще лучше

Технология с передачей маркера – вообще зашибись.

В ЛВС используется только технология с передачей маркера.

Технологии со случайным доступом (с состязанием абонентов).

Эти технологии развивались параллельно с тактированными технологиями.

1. Собственно случайный доступ

Каждая РС может выходить в КС в любой момент времени. Такой способ предполагает высокую вероятность столкновения кадров (коллизий), в результате которых оба кадра оказываются испорченными, поэтому при таком методе обязательно должно быть предусмотрен квитированный обмен. То есть передатчик передал кадр, приемник получил => приемник отправляет передатчику квитанцию об успешном приеме. Если передатчик не получил квитанцию, то кадр отправляется еще раз.

Эффективность способа менее 19%, т.е. менее 19% кадров достигают приемника.

2. Тактированный случайный доступ

Выход РС в КС разрешается только в начале очередного временного окна. РС, не успевшая к началу, в КС не допускается => резко уменьшается потерянное время. Есть вероятность попадания нескольких кадров одновременно в начало окна.

Эффективность 37%.

3. Метод случайного доступа с прослушиванием КС

Приемник РС прослушивает КС и разрешает выход в КС после его освобождения. Когда КС освободится, РС выходит с кадром, на другой стороне КС другие РС не слышит сигнала о занятости КС и тоже выходит со своим кадром => jam => надо слушать КС и во время передачи кадра, чтобы в случае jam сразу оборвать передачу и начать все сначала.

Эффективность 53%.

4. Метод доступа с прослушиванием КС во время передачи
С целью обнаружения коллизий



После обнаружения коллизий передача прекращается, а общее время задержки уменьшается.

5. Метод случайной задержки после обнаружения коллизии

После коллизии передача прекращается, а КС освобождается; РС не слышат сигнал «не свободен», а значит, имеют право выйти в сеть => опять происходит коллизия. Для предотвращения такого случая после обнаружения коллизии каждый СА включает генератор переменной случайной задержки.

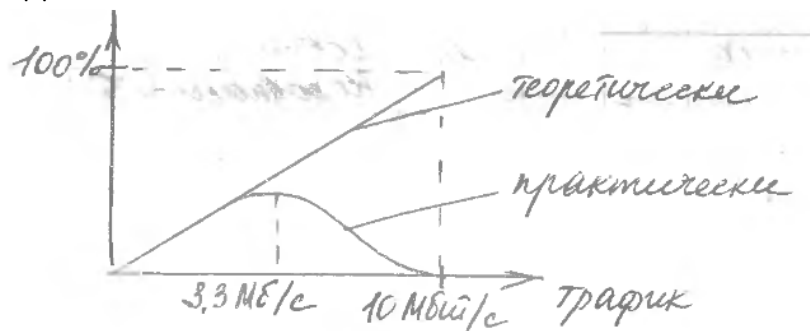
Эффективность 80%.

Технология случайного доступа с прослушиванием КС до передачи для выявления свободен ли КС, случайной задержкой после коллизии и прослушиванием КС для определения коллизии во время передачи называется методом множественного доступа с контролем несущей и обнаружением коллизий МДКН/ОК или CSMA/CD.

CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

Используется в Ethernet.

Эффективность:



Эффективность CSMA/CD 89%

Целесообразно загружать сеть до 30% от максимального трафика.

6. Базовый асинхронный метод управления случайным децентрализованным доступом к разделенному КС с временным уплотнением.

Здесь CSMA/CD + счетчик коллизий

Вводится счетчик коллизий, который по умолчанию равен 16, т.е. до 16 попыток выхода в сеть подряд. Если подряд 17 попыток, то СА прекращает попытки и оператору сообщается, что сеть недоступна. Далее срабатывает человеческий фактор: кто-то решает сразу повторить попытку, кто-то отказывается от доступа в сеть => трафик падает и эффективность повышается. Потом повышается и трафик, эффективность снова падает и так по кругу.

Эффективность 97-99%

7. Множественный доступ с контролем несущей и предотвращением коллизий.

CSMA/CA - Carrere Sense Multiple Access with Collision Avoidance

Каждая PC перед передачей данных сигнализирует специальным коротким служебном кадре о своем намерении. Остальные PC «узнают» об этом и воздерживаются от передачи. После этого PC передает кадр без коллизий.

Недостаток: за счет служебных широковещательных кадров сеть излишне перегружается, поэтому работает медленнее.

Этот метод не получил применения, но нашел потом среди беспроводных сетей (WLAN).

Методы с детерминированным доступом

1. Доступ по приоритету запроса

Используется в сетях 100VG-AnyLAN

Стандарт IEEE 802.12

Такая сеть состоит из концентраторов и PC. Среди концентраторов имеется один такой, который управляет доступом к КС. Для этого он последовательно опрашивает каждую PC на предмет наличия у нее данных для передачи. Для этого он знает MAC адреса станций. Если у станции нет данных для передачи, то она только подтверждает свою работоспособность. А если есть, то заявляет о намерении передать данные с указанием приоритета этих данных.

Управляющий концентратор расставляет заявленные PC по приоритету в очередь и предоставляет доступ в сеть согласно приоритету.

2. Кольцевая сегментовая технология

Token Ring (маркер+кольцо)

PC располагаются в топологии «кольцо».

Монитор порождает маркер – короткий служебный кадр (3 байта)

Если PC надо передать данные, она захватывает маркер, передает кадр данных и «отпускает» маркер дальше. Маркер PC может держать только ограниченное время (для Token Ring это 10мкс).

Кадр данных тоже идет по кольцу. Каждая PC-приемник копирует кадр себе и отправляет дальше, установив бит C=1 (C – copy, кадр скопирован нормально) и бит A=1 (Address – адрес распознан). Если эти поля не равны 1, когда кадр возвращается к отправителю, то он передается снова

3. Кольцевая технология со вставкой регистра

СА содержит селектор адресов, два сдвиговых регистра (приемный и передающий) и коммутатор. В исходном положении (а):

Коммутатор (К) – в положение 1, селектор адресов непрерывно сканирует адреса транзитных пакетов. Если обнаруживается пакет, адресованных этой PC, то К – в положение 2 и данные записываются в приемный регистр. После этого К – в положение 1

Основные характеристики ЛВС.

Перечень функций реализуемых ЛВС и перечень ограничений (требований), которым она должна отвечать образуют спецификацию ЛВС.

Состав и содержание спецификации определяют технические, экономические, эксплуатационные, надежность и др. возможности ЛВС.

Перечислим основные из них:

- Мах число абонентов в ЛВС
- Мах расстояние между абонентами
- Используемый КС
- Мах длина КС без повторителей
- Топология сети
- Реализуемый метод доступа к КС
- Мах скорость
- Формат кадров
- Способ синхронизации
- Правила адресации
- Способ обеспечения достоверности передачи, т.е. контроль ошибок

Спецификация ЛВС на программном и аппаратном уровнях реализуется протоколами ЛВС – это набор правил, алгоритмов, программных и технических средств, через которые материализуется спецификация ЛВС.

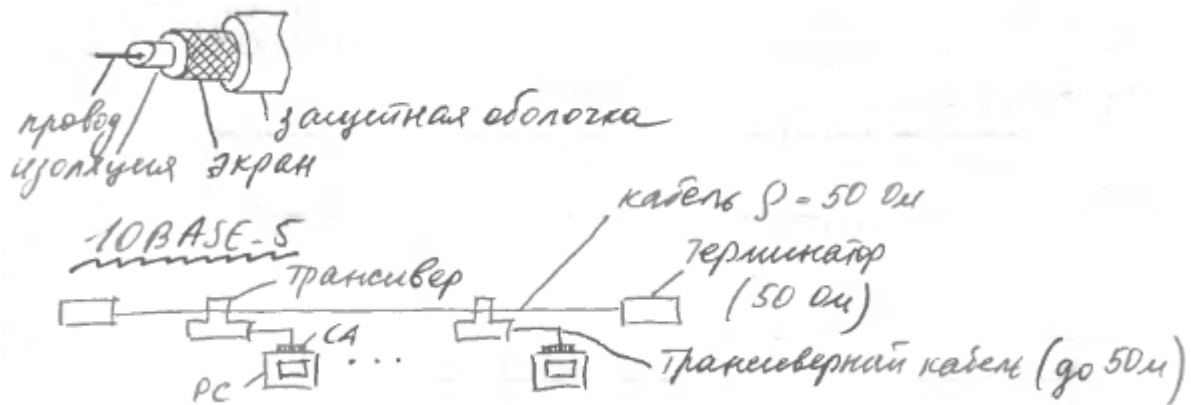
Аппаратное обеспечение ЛВС.

Состав аппаратного обеспечения:

1. СА реализуются в виде платы, которая вставляется в слот материнской платы и осуществляет интерфейс между ПК и КС
2. Кабели различных видов для образования КС (+ коннекторы и разъемы)
 - a. Коаксиальные кабели
 - i. Толстые
 - ii. Тонкие
 - b. Витая пара
 - i. UTP (Unshielded Twist Pair)
 - ii. STP (Shielded Twist Pair)
 - c. Оптоволоконные кабели
 - i. MMF (Multi-Mode Fiber)
 - ii. SMF (Single-Mode Fiber)
3. Концентраторы (хабы, повторители) на 1 ур (КЦ)
 - a. Активные – внутри есть усилители
 - b. Пассивные – без усилителей (используются реже)
4. Коммутаторы (свичи) – работают на 2 уровне модели (с MAC адресами)
5. Маршрутизаторы – на 3 уровне (с IP пакетами)

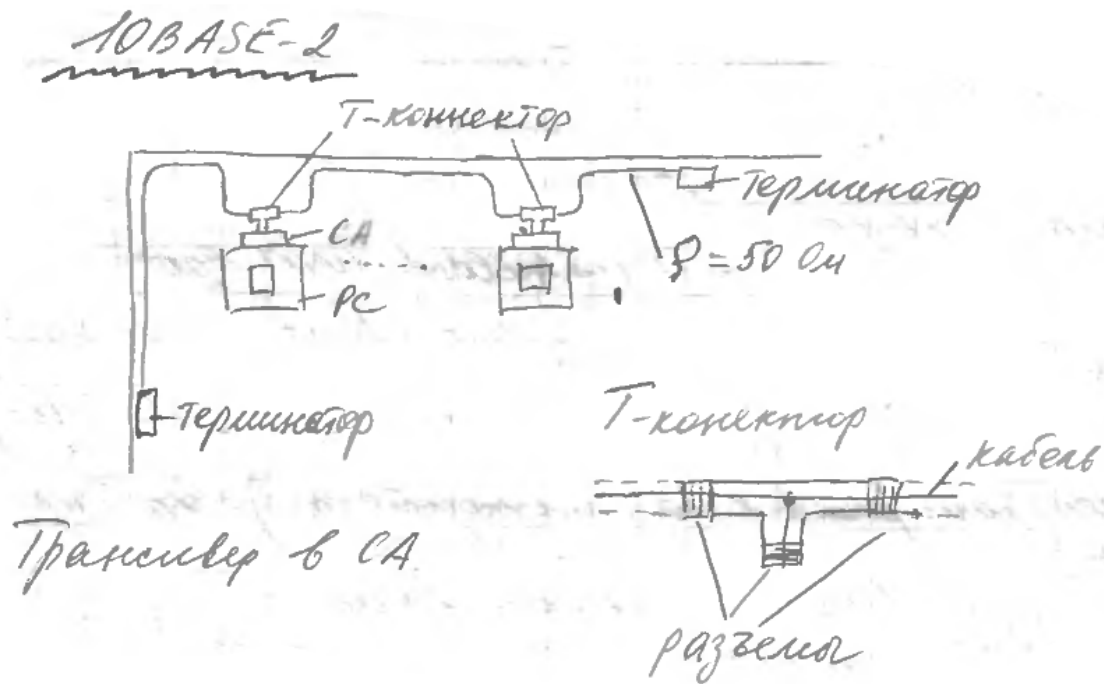
Аппаратура Ethernet.

Сеть на коаксиальном кабеле (толстый 10-base-5 и тонкий 10-base-2)



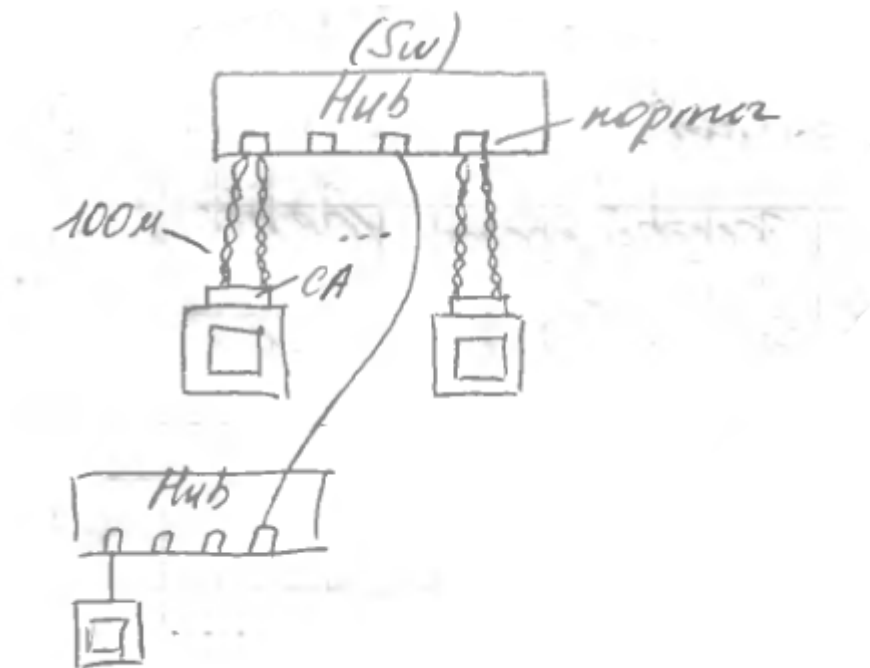
Трансивер-приемопередатчик.

Во всех технологиях CA содержит трансивер внутри



Неэкранированная витая пара.

10-BASE-T (Twist Pair)



Оптоволоконный кабель.

10 BASE-FC

10 BASE-FB

Параметры спецификации Ethernet

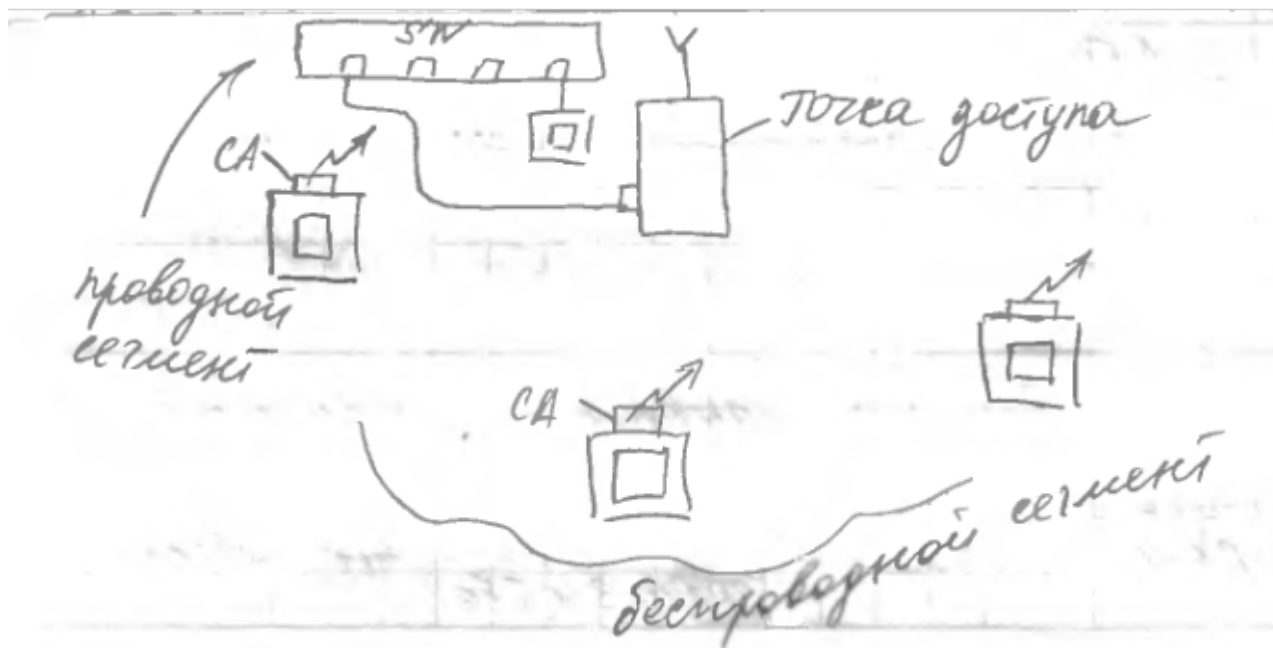
	10 BASE-5	10 BASE-2	10 BASE-T	10 BASE-F
Кабель	Толстый коакс. RG-8, RG-11	Тонкий коакс RG-58	Неэкранированная витая пара категории 3,4,5,5e	MMF о/в кабель
Мах длина сегментов, м	500	185	100	2000
Мах расстояние м/у узлами (при использовании повторителей)	(500*4повторителя + 500) 2500	925	500	2500
Мах число станций в сегменте	100	30	1024	
Мах число повторителей	4	4	4	4

Беспроводные сети.

Используются, если затруднено использование кабельных сетей:

- Для подвижных абонентов
- Для помещений с часто меняющейся планировкой
- Для помещений, полных людей и др.

Стандарт 802.11



Способы беспроводной передачи:

1. Радиосигнал
 - а. В узком спектре
 - б. В широком спектре
2. Лазер (в т.ч. ИК в видимом спектре)

Платы СА.

Назначение – физический ИФ м/у ПК и сетевым кабелем

1. Преобразование сигнала для передачи в кабель
 - а. Преобразование параллельного кадра в последовательный
 - б. Подготовка кадра – вставка служебных полей (в т.ч. адресных)
 - с. Формирование эл. сигналов и кодирование
 - д. Передача кадров в КС
2. Прием кадра из КС
 - а. Производятся обратные операции

СА состоит из:

1. Аппаратной части (плата)
2. Встроенной (в ПЗУ) программы-драйвера

СА работает на уровне:

1. Физическом
2. Канальном

Параметры СА.

СА – одно из внешних устройств, отсюда все параметры.

Со стороны компьютера:

1. Номер порта в/в (базовый адрес)
2. Базовый адрес памяти, выделенной для СА
3. Номер канала прерывания (IRQ – Interup Request) IRQ3, IRQ5, IRQ10
4. Номер канала DMA

Со стороны сети:

1. 6ти байтовый MAC-адрес, который встроен в сетевую карту

СА специфичен для каждой технологии сети.

Сетевые модели

OSI (Open System Interconnect)

ISO (International Standard Organization)

Работа сети заключается в передаче данных от одной РС к другой. Для этого необходимо решить целый ряд задач:

1. Выбрать данные для передачи из файловой системы
2. Разбить эти данные на блоки (сообщение на пакеты)
3. Добавить служебную информацию (адрес источника, адрес приемника, контроль ошибок, синхронизация и др.)
4. Поместить данные в КС и отправить получателю.

Для выполнения этих задач сетевая ОС следует по строгому набору правил (процедур), которые называются *протоколами*; они стандартизованы. Благодаря стандартизации программ, продукты разных производителей нормально взаимодействуют.

Существует 2 главных набора стандартов:

1. Модель OSI (1984г), выпущенная ISO
2. Модель Project 802 (1980г)

Модель OSI стала международным стандартом. В модели OSI сетевые функции распределены между 7 уровнями. Каждому уровню соответствуют сетевые операции, оборудование и протокол. Каждый уровень взаимодействует с принадлежащими к нему уровнями => существует интерфейс между уровнями. Нижние уровни (1 и 2) определяют физическую среду передачи между СА и кабелем. Верхние уровни определяют, каким способом осуществить доступ приложений к услугам сетевой связи.

Взаимодействие уровней моделей ISO.

Каждый уровень выполняет конкретные действия и представляет услуги соседним уровням. В соответствии с этим на каждом уровне реализуются конкретные протоколы.

Уровень взаимодействия	Рабочая станция 1	Рабочая станция 2
7	Прикладной	Прикладной
6	Представительный	Представительный
5	Сеансовый	Сеансовый
4	Транспортный	Транспортный
3	Сетевой	Сетевой
2	Канальный	Канальный
1	Физический	Физический
	-----Канал связи-----	

PC1 – передатчик, PC2 – приемник.

Входы различных приложений называются **портами**. Порты нумеруются. Могут принимать и передавать данные.

Прикладной уровень принимает сообщение, добавляет к нему свой заголовок и передает следующему уровню. Представительный уровень принимает данные (заголовок и данные воспринимаются как единые данные), приписывает свой заголовок и передает следующему уровню. По аналогии до 1 уровня. Когда PC2 принимает данные, она распаковывает их в обратном порядке: изымает свой заголовок и передает данные на уровень выше.

Сокет – это полный адрес: IP адрес + № порта.

№ порта – 2 байта – 16 бит – 65536 портов.

Между уровнями существуют т.н. виртуальные связи. Протоколы, используемые на одинаковых уровнях должны быть одинаковые на различных станциях.

Взаимодействие смежных уровней осуществляется через межуровневый интерфейс, через специально отведенную область памяти.

Уровни моделей ISO.

1. Физический уровень

Выполняет передачу битов по физическому каналу связи (витая пара, оптоволокно, радиоканал и т.д.)

Характеристики:

- Полоса пропускания
- Волновое сопротивление
- Уровни сигналов
- Тип кодирования
- Скорость передачи (Мбит/сек)
- Используемые разъемы

Реализуется этот уровень сетевыми адаптерами.

2. Канальный уровень

Решает задачи доступа к КС, обнаруживает и корректирует ошибки с помощью CRC (Cyclic redundancy code), руководит повтором передачи, проверкой MAC-адреса

Реализует:

- Доступ к КС
- Обнаружение и коррекцию ошибок.

Заложен способ адресации MAC адрес 6 байт.

Реализуется сетевым адаптером и его драйвером.

3. Сетевой уровень

Образует единую транспортную систему передачи данных в крупной сети состоящей из отдельных локальных сетей, причем эти отдельные сети могут быть разных технологий. Внутри локальных сетей – адресация по мак, в глобальных – по ip. Самый ёмкий уровень. Чтобы перейти с одного уровня на другую, необходимо сделать несколько транзитных передач, которые называются – хоп (от англ. Прыжок) Маршрут - последовательность маршрутизаторов, через которые проходит пакет до сети. Проблема выбора наилучшего маршрута называется **маршрутизацией**. Это главная задача сетевого уровня.

DRT – Delay Reliability Traffic

Протоколы маршрутизации занимаются сбором информации по топологии сети и сетевых связей.

Другие задачи сетевого уровня:

- Согласование разных технологий (трансляция кадров)
- Преобразование IP адреса следующего МШ в MAC-адрес с тем, чтобы сформировать заголовок канального уровня при выполнении хопа
- Если кадр передается из сети с большим значением MTU в сеть с меньшим значением (Eth->TR), то МШ фрагментирует кадр, т.е. разбивает его на отдельные подкадры.

На сетевом уровне работают по крайней мере 2 вида протоколов:

- a. Сетевые протоколы, которые непосредственно продвигают кадр в сложной сети:
IP – Internet Protocol
IPX – Internet Protocol фирмы Novell
- b. Протоколы маршрутизации, которые перед этим собирают информацию о связях в сети и строят в итоге таблицу маршрутизации, по которой и работают сетевые протоколы
RIP – Routing Internet Protocol
OSPE

4. Транспортный уровень

На пути передачи пакеты могут быть искажены/утрачены, поэтому транспортный уровень обеспечивает верхним уровням (сеансовому и прикладному) передачу данных с необходимым уровнем надежности. Модель OSI предусматривает несколько классов сервиса, предоставляемого транспортным уровнем, которые отличаются качеством услуг:

- a. Срочностью передачи
- b. Возможностью восстановления прерванной связи
- c. Возможностью обнаружения и исправления ошибок
- d. Возможностью определения потери или дублирования пакетов

На транспортном уровне сообщения, поступающие с верхних уровней, делятся на фрагменты – пакеты.

Протоколы TCP и UDP.

TCP – Transmission Control Protocol – протокол надежной передачи

UDP – User Datagram Protocol – дейтограмный протокол (не гарантирует доставку)

Отдельные приложения используют протокол tcp, другие – udp. Протоколы 4х нижних уровней называются *транспортными подсистемами* или *сетевым транспортом*. Они полностью решают задачи транспортировки сообщений с заданным качеством. В составных сетях с произвольными технологиями. Остальные 3 верхних уровня решают задачу представления данных для транспортировки в транспортных подсистемах.

5. Сеансовый уровень

Обеспечивает управление диалогом. Фиксирует отдельную сторону, представляет средство синхронизации, которое позволяет включить в длинное сообщение контрольные точки. В случае отказа можно вернуться к последней контрольной точке, а не к началу сообщения. На практике функции этого уровня часто объединяют с функциями прикладного уровня и реализуют в одном протоколе.

6. Представительный уровень

Имеет дело с формой представления информации – информация, передаваемая прикладным уровнем источника, должна быть всегда понятна прикладному уровню приемника. Проще говоря, кодировка одна и та же должна быть. Передача в заголовке представительного уровня указывает тип кодировки данных. Кириллица 1251, ASCII, EBCDIC. Может выполняться шифрование данных для всех прикладных уровней (Secure Socket Layer – SSL) обеспечивает безопасный обмен для tcp/ip.

7. Прикладной уровень.

Это просто набор разных протоколов с помощью которых пользователи получают доступ к разным прикладным службам (портам: файлам, веб-страницам, эл. почте и т.д.). Единица данных – сообщение (message). Протоколы: ftp, tfpt, smp, ncp.

Сетезависимые или сетенезависимые протоколы.

Функции всех уровней могут быть отнесены к одной из двух групп:

1. Зависящие от технической (аппаратной) реализации сети.
2. Ориентированные на работу с приложениями и не зависящие от аппаратной реализации сети.

Три нижних уровня – Сетезависимые, т.е. протоколы их тесно связаны с технической реализацией сети и используемым оборудованием. Например, переход от технологии Ethernet к RDDI – полная смена протокола физического и канального уровня, т.е. СА, драйверов.

Три верхних уровня ориентированы на работу с приложениями (портами) и не зависят от технического построения сети.

Транспортный уровень – промежуточный. Он скрывает «экранирует» все детали функционирования нижних уровней от верхних. Это позволяет разработчикам приложений не зависеть от технической реализации сети.

Модель Project 802 IEEE

Модель проект 802 (февраль 80го года) стандартизовала физический и канальный уровни, т.е. уровни, на которых работает локальная сеть. Стандарт 802 делится на 12 категорий:

1. 802.1 – стандартизует объединение сетей.
2. 802.2 – управление логической связью (LLC) – Logical Link control.
3. 802.3 – ЛВС с методом доступа CSMA/CD (ethernet).
4. 802.4 – ЛВС «Шина» с передачей маркера. Физическая шина, логическое кольцо.
5. 802.5 – ЛВС «Кольцо» с передачей маркера. Token Ring.
6. 802.6 – стандартизует сеть масштаба города (MAN).
7. 802.7 – создается консультативный совет по широкополосной технологии.
8. 802.8 – создается консультативный совет по оптоволоконной технологии.
9. 802.9 – Интегрированные сети с передачей речи и данных.
10. 802.10 – безопасность сетей
11. 802.11 – беспроводная сеть (802.11n – обеспечивает скорость до 600мбит/с).
12. 802.12 – технология с доступом по приоритету запроса (100V6 AnyLAN).

Канальный уровень разделяется на 2 подуровня:

1. Управление логической связью LLC
2. Управление доступом к среде передачи (КС) – MAC - Media Access Control

LLC – устанавливают канал связи и определяют логические точки доступа к услугам SAB – service access point – услуги сетевого уровня – указывает протокол, который принимает и расшифровывает данные на сетевом уровне. Передает на сетевой уровень конкретному протоколу, указанному в номере SAB IEEE 802.2.

MAC – реализует логику доступа к КС (ethernet). MAC адресация.

Драйверы – это ПО, используемое компьютером для управления работой с различными внешними устройствами. Существуют драйверы внешних устройств: мыши, клавиатуры, накопителя на жестких или магнитных дисках, а главное плат СА, принтеров, плоттеров и т.д.

Сетевой адаптер СА осуществляет связь между сетевым ПО и платой сетевого адаптера.
(Плата СА <==>Драйвер<==>Сетевое ПО)

Производители СА предоставляют драйверы разработчикам ПО для включения их в ... и производители сетевого ПО публикуют списки т.н. совместного оборудования Hardware Compatibility List (HCL), драйверы которых включены в состав ПО, например, для ОС Windows NT уже включено более 100 моделей драйверов сетевых адаптеров. При установке сетевого адаптеру нужно непосредственно установить драйвер сетевого адаптера. Фирма-изготовитель оборудования периодически обновляет драйверы СА.

Передача данных по сети.

Данные из прикладного уровня представляются обычно в больших файлах - сообщениях. Такое длинное сообщение на транспортном уровне разбивается на более мелкие порции – пакеты, т.к. передавать длинный файл неудобно:

1. Большой блок заблокирует КС на большое время и не даст доступа другим РС.
2. При обнаружении ошибки потребуется повторить весь большой файл и в больших файлах вероятность ошибки велика.

Каждому пакету добавляются заголовки соответствующих уровней, информация о номере пакета для правильной сборки и поле CRC.

Стандартные стеки протокола.

1. Набор протоколов ISO/OSI
2. Протоколы IBM system network (SNA)
3. Протокол Digital DECnet
4. Navell Netware
5. Протокол apple
6. Tcp/ip

Во всех протоколах сетевые задачи разделяются на 3 уровня:

- Прикладной (7-6-5)
- Транспортный (4)
- Сетевой (3-2-1)

Прикладной – 3 верхний уровня, транспортный – транспортный, сетевой – 3 нижних.

Прикладные протоколы. Обеспечивает обмен приложениями на прикладном уровне. SMTP (Simple mail Transfer Prot), FTP (File Transfer Prot), SNMP (Simple Network Management Prot), TelNET.

Транспортные протоколы. TCP (Transmission Control Prot), UDP (User Datagram Prot), SPX (Sequential Packer Exchange - Novell).

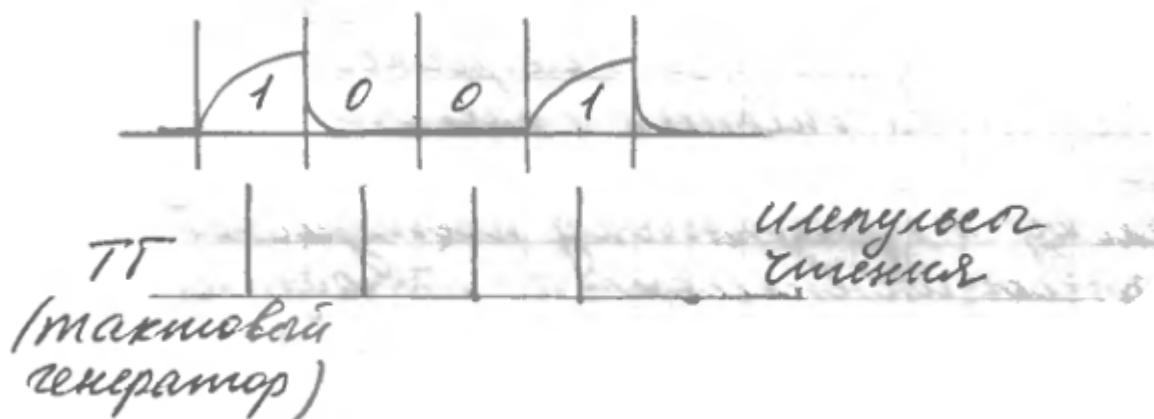
Сетевые протоколы. IP (Internet Prot) из стека TCP/IP, IPX – Novell, NWLink – Microsoft.

Разработчики протоколов.

- ISO - International Standards Organization
- IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers
- ANSI – American National Standards Institute
- ITU - International Telecommunication Unit

Особенности метода доступа CSMA/CD.

Передаваемый кадр начинается заголовком 1го уровня (преамбула) – 8 байт, причем последние 2 бита – '1'. Преамбула служит для осуществления побитной и побайтовой синхронизации.



Необходимо синхронизировать импульсы чтения так, чтобы она попадали, например, ровно на середину интервала. Иначе импульс чтения может попасть на фронт сигнала и неправильно его распознать. Поэтому и код преамбулы такой 010101. Преамбула такая длинная для того, чтобы точнее синхронизировать импульсы чтения.

Вторая причина для столь большой длины преамбулы – то, что после ее приема она начинает считываться не сразу, т.к. сначала приемник «приспосабливается» к форме сигнала, распознает, как выглядит единицы. Две единицы в конце преамбулы – для обозначения ее конца.

101010 ... 1011 - всего 8 байт

Вывод: преамбула служит для настройки синхронизации генератора чтения каждого бита кадра. Поскольку к приемнику поступают импульсы интенсивности от разных станций, то приемник «приспосабливается» к ним за разное время, фактически происходит задержка приема кадра на некоторое неопределенное время. Исходя из этого, конец преамбулы определить путем пересчета количества бит не удастся. Конец преамбулы определяется кодом «11». Это признак побайтовой синхронизации. Т.о. при каждой передаче кадра происходит его задержка. После окончания передачи данных, узел должен выдержать технологическую паузу Inter Packet Gap – межкадровая пауза = 9,6мкс для приведения CA в исходное состояние.

Коллизия – это следствие распределенного характера сети: PC может передавать кадр в «пустой» КС, однако на самом деле до нее не дошли еще сигналы другой, удаленной PC, которая начала передачу раньше. Коллизия обнаруживается СА путем сравнения принятого и переданного сигналов. После обнаружения коллизии все PC сети должны выдержать паузу в течении случайного времени. PC, обнаруживая коллизию, передает по сети всем остальным PC специальную последовательность 32 бита (4 байта), которая называется Jam. После этого каждая PC выдерживает случайную паузу.

Пауза = $L * (\text{интервал отсрочки} = 512 \text{ битов интервала, } \text{min} \text{ обязательная задержка})$

L – целое, выбранное равновероятное из интервала $[0; 2^n]$, где n – номер попытка выхода в сети $n \leq 10$ (т.е. до 10ти попыток) \Rightarrow задержка $[0; 52,4]$ мс. После этого попытки выхода продолжаются до 16 (но n остается равным 10)

Если на 17 попытке происходит коллизия, то СА прекращает выход в сеть и выдает сообщение «Сеть недоступна». Технология Ethernet не гарантирует выход в сеть в определенный интервал времени. Это главный недостаток. Это плата за случайный метод доступа – за дешевую простую плату СА. От этого недостатка свободны сетевые технологии с детерминированным способом доступа к КС: FDDI, 100 VG AnyLAN, TR.

Время двойного оборота и распознавания коллизии.

Четкое распознавание коллизий – необходимое условие корректной работы сети. Если РС, передавая кадр, не обнаруживает образовавшуюся коллизию и кадр уже кончился, то она «решит», что кадр передан верно, а на самом деле – потеря кадра.

Для надежного распознавания коллизий должно выполняться условие.

$$T_{\min} \geq PDV, (1)$$

где $T_{\min} = 576 \text{ bt}$ (битовых интервалов)

PDV – Path Delay Value – время, за которое сигнал дважды распространяется от самого дальнего узла сети до первого.

При этом условии передатчик обнаруживает коллизию еще до того, как закончит передачу кадра. Т.о., электрическая длина сети выбирается из условия, чтобы выполнялось это неравенство.

Длина кадра: 46 – 1500 байт

$T_{\min} = 57,6 \text{ мкс}$ (для Ethernet)

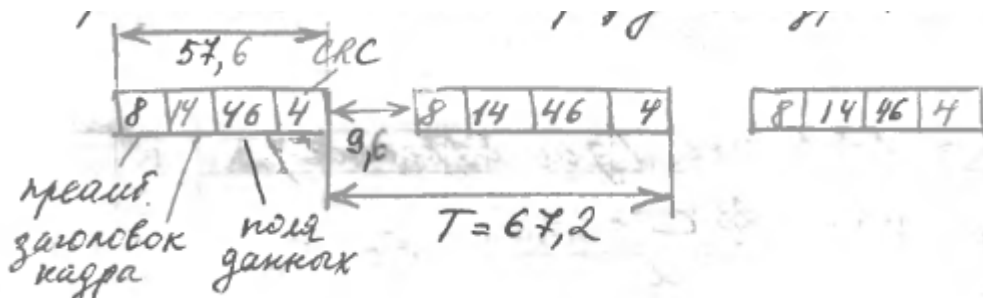
$$\text{Длина КС} = \frac{2/3 C * 57,6}{2} = 6640 \text{ м}$$

Если посчитать длину сегмента из условия 1, то – 6640м, НО. В таком длинном сегменте придется поставить несколько повторителей для усиления сигнала. А каждый повторитель производит большую задержку кадра, поэтому весь запас задержки 57,6 в основном тратится на повторители. Исходя из этого, в такой сети мб ≤ 4 хабов.

Правило 4 хабов: В любой сети мб подряд подключено не более 4 хабов.

Максимальная производительность сети Ethernet

Обычно для активных устройств указывается их характеристика – количество обрабатываемых кадров в секунду. Но потребителю необходимо знать «чистую» пропускную способность – только данные без заголовков. При этом наихудший случай – передача кадров минимальной длины. Для расчета использует структура кадра:



$$F=1/T=1/67, 2 \cdot 10^{-6}=14880 \text{ кадр/сек}$$

Для кадров максимальная длина: кадр + сл. Поля = 1526 байт

$$F_{\max} = 813 \text{ кадров}$$

Полезная

Для кадров минимальной длины (46)

$$C_{\text{п}}=14880 \cdot (46 \cdot 8)=5,48 \text{ мбит/сек}$$

Для кадров максимальной длины (1500)

$$C_{\text{п}}=813 \cdot (1500 \cdot 8)=9,76 \text{ мбит/сек}$$

Для кадров средней длины (512 байт)

$$C_{\text{п}}=9,29 \text{ мбит/сек}$$

Форматы кадров в Ethernet.

В сетях на канальном уровне кадры 4х различных форматов. Это результат исторически сложился.

- Кадр 802.3/LLC (или кадр Novell 802.2)
- Кадр 802.3 RAW 802.2 (или кадр Novell 802.3)
- Кадр Ethernet DIX (фирм Digital, Intel, Xerox)
- Кадр Ethernet SNAP

802.3/LLC

Формула прямо рассматривает

6	6	2	1	1	1(2)	46-1497	4
DA	SA	I	DSAP	SSAP	control	data	Crc

Заголовок MAC – первые 3

Заголовок LLC – вторые 3

Заголовок канального уровня – первые 6

DA – destination address

Старший бит:

0 – адрес индивидуальный

1 – адрес групповой

Следующий за старшим битом – Системного назначения

0 – централизованное назначение

1 – индивидуального назначения

Комитет IEEE распространяет между производителями сетевого оборудования т.н. организационно-уникальные идентификаторы Organizationally Unique Identifier (OUI)

MAC адрес, первые 3 байта OUI

Кол-во MAC $2^{24}=16*10^6$

Если данных меньше 46 бит, то недостающие биты заполняются спец знаками Padding.

Поле L укажет фактическую длину данных.

CRC – cyclic Redundancy Code – циклический избыточный код – контрольная сумма.

Протокол LLC канального уровня.

LLC в соответствии со стандартом 802.2 уровень LLC представляет верхним уровнем 3 типа процедур:

- LLC1
Без установления соединения и без подтверждения приема (без/без). Это дейтограмный режим. Используется как восстановитель данных, производится на более высоком уровне.
- LLC2
С установлением соединения и с подтверждением приема (с/с). Процедура надежной передачи.
- LLC3 без/с Используются, когда задержка перед передачей недопустима, например, для системы управления реального времени.

Структура кадров LLC.

Делится на 3 типа:

1. Информационный – для передачи информации.
2. Нумерованные - Используется нумерация кадров в режиме скользящего окна
3. Не нумерованные – служат для передачи ненумерованных команд и ответов в процедуры без установления соединения

Все три типа кадров имеют один и тот же формат:

Флаг 01111110	Адрес точки входа службы назначения (DSAP) 1 байт	Адрес точки входа службы источника (SSAP) 1 байт	Управляющее поле (control) ½ байта	Данные (Data)	Флаг 01111110
------------------	---	--	--	------------------	------------------

Флаги используются на уровне MAC для определения границ кадра LLC. Кадр LLC вкладывается в кадр MAC с его заголовками при этом флаги отбрасываются.

Заголовок LLC

DSAP – Destination Service Access Point

SSAP – Source Service Access Point

Эти поля указывают, какие службы верхнего (сетевого) уровня посылают данные в этот кадр. При получении кадра приемником ему надо знать, какой протокол сетевого уровня вложил свой пакет в поле данных кадра LLC. Для этого вводятся кадры DSAP, SSAP. Эти кадры приписываются протоколам верхнего уровня по стандарту 802.2.

Ед. протокол IP: SAP = 06h

Протокол NetBIOS: SAP = F0h

Control (1 или 2 байта): поле управления



В режиме LLC1 используется только ненумерованные кадры. В нем все биты = 0, кроме первых двух

В режиме LLC2 – все три типа, кадры делятся на команды/ответы

P/F – Pool/Final – Запрос/ответ

Ненумерованные кадры используются в LLC2 на стадии установления соединения.

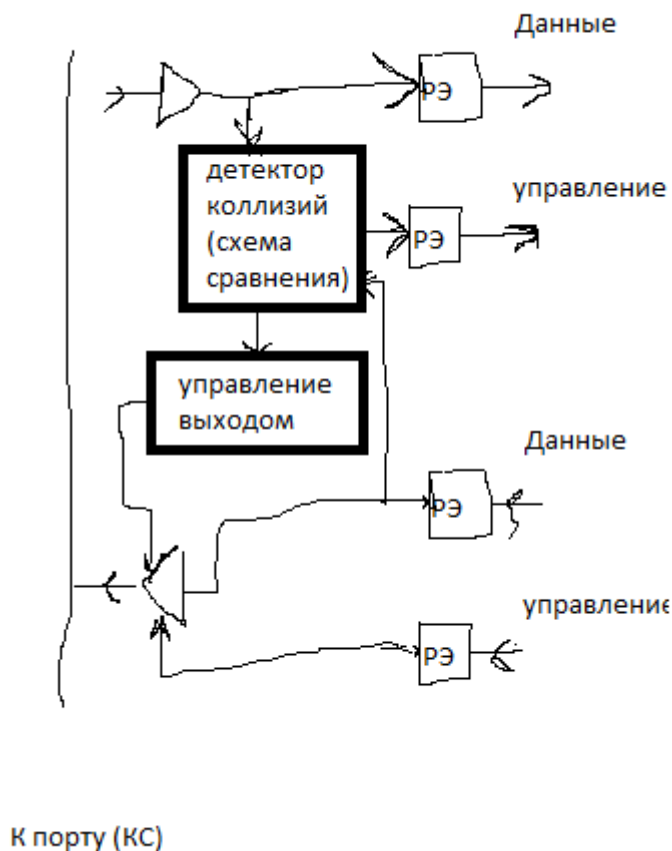
M – определяет несколько команд на уровне установления соединения:

- Subme – запрос на установление соединения
- UA – подтверждение соединения или разрыва
- REST – запрос на разрыв соединения

После установления соединения данные и положительные квитанции на них передаются в информационных кадрах. В них поле N(s) – для указания номера отправленного кадра, а N(R) – номер кадра, который приемник ожидает от передатчика. Кадр циклически нумеруются.

Структурная схема трансивера.

Трансивер – transmitter + receiver – приемопередатчик. В составе СА.



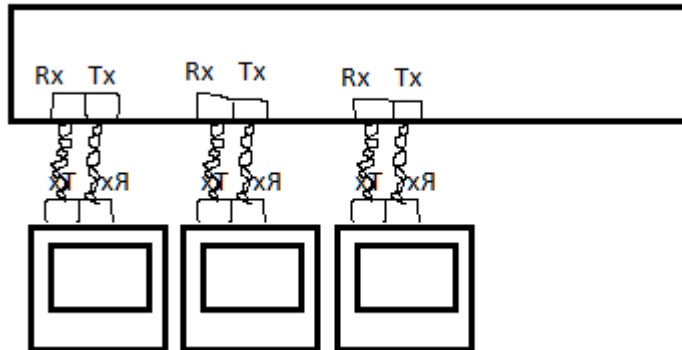
РЭ – гальваническая развязка – для защиты от продольной помехи – трансформатор или оптопара (диодная/транзисторная/триистронная). В настоящее время – оптопара.

В сетевом адаптере предусмотрена защита от некорректной работы – «контроль болтливости» - Jabber Control. При неисправном СА на КС может поступать непрерывный поток бит – работа сети блокирована. Для предотвращения этого на выходе передатчика – схема проверки времени передачи кадра. Если это время превышает максимальный кадр, то эта схема отключает выход передатчика. Время JC установлено в 4000 мкс (10Мбит Ethernet).

Стандарт 10/100 BASE-T.

Стандарт 10 BSD принят в 95 году, используется неэкранированная витая пара UTP – Unshielded Twist Pair кат. 3 – 16 МГц. В настоящее время используется кат.5е – 120 МГц.

HUB 10 BASE-T



Rx – Receiver

Tx – Transmitter

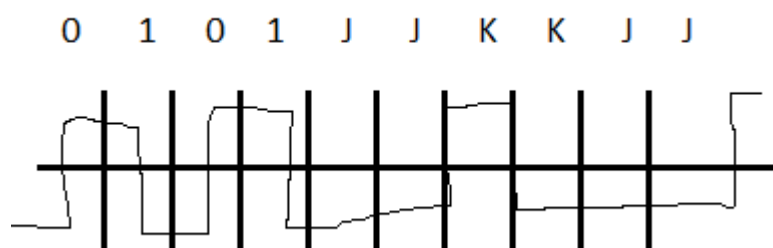
В хабе поступившая информация параллельно передается на все порты, кроме того, на который пришел. Хаб обнаруживает коллизию при одновременном появлении сигнала на Rx и Tx на одном и том же порте и посылает соответственно Jam-последовательность всем рабочим станциям. Концентраторы можно соединять друг с другом используя те же самые порты. При соединении хабов используется правило 4х хабов, тогда диаметр сети 500 метров. Стандарт 10 BASE-T – большие преимущества:

- Отдельные рабочие станции можно отключать не нарушая работу сети
- В стандарте 10 BASE T определена процедура тестирования работоспособности: в каждой витой паре между Tx Rx передается т.н. тест связанности link test – каждые 16 мс передаются специальные импульсы манчестерского кода J и K, если тест не проходит, порт блокируется и отключает PC. Наличие между узлами активно устройства, которое может контролировать работу и изолировать неисправные PC – главное преимущество 10 BASE-T

Используют многомодовый оптоволоконный кабель. Топология аналогичная 10-BASE-T, только вместо витой пары – 2 оптоволоконна.

Стандарты:

- 10 BASE-F FOIRL (Fiber Optic Inter-Repeater Link) Длина до 1км при диаметре сети не более 2,5км (из-за неравенства задержки)
- 10 BASE-FL улучшенный предыдущий стандарт. Увеличена мощность источника, длина до 2км, диаметр сети не более 2,5км.
- 10 BASE-FB «Синхронный Ethernet» Используется только для соединения хабов друг с другом, при этом вопреки правилу 4х хабов – до 5ти хабов подряд. Длина не более 2км, диаметр не более 2750 метров. Хабы при отсутствии кадров постоянно обмениваются специальными последовательностями сигналов для поддержки синхронизации – поэтому хабы вносят значительно меньше задержки, отсюда следует не 4, а 5 хабов. В качестве специальных сигналов синхронизации используются манчестерские коды такие J-J-K-K-J-J..., в результате чего формируется сигнал синхронизации 2,5МГц. Такая технология называется синхронный ethernet



Домен коллизий.

Это часть сети ethernet, где все станции распознают коллизии независимо от того, в какой части сети она возникла. Домен коллизий всегда соответствует одной разделяемой среде. Коммутаторы отделяют один домен коллизий от другого. На каждом порте КМ включен один домен коллизий (ХАБ).

Методика расчета конфигурации сети ethernet.

Расчет производится в 2х случаях:

1. Если нарушено правило 4х хабов
2. Если в сети используются неоднородные каналы связи.

$T_{min} \geq PDV$

Институт IEEE приводит данные о задержках, вносимых ухабами и кабелями. Чтобы сеть ethernet, содержащая несколько хабов работала корректно, необходимо выполнить следующее условие:

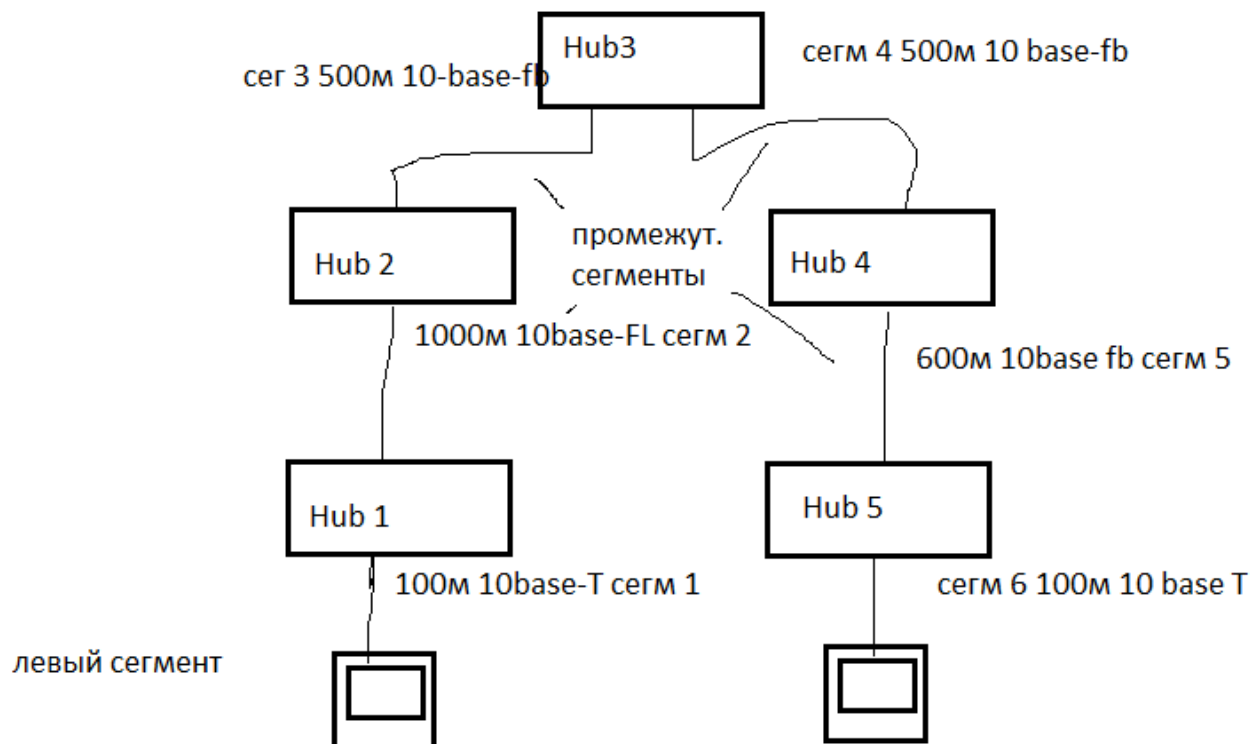
1. Максимальная длина сегмента должна быть не более определенной стандартами.
2. Время двойного опорота PDV должно быть не более чем 575 битовых интервалов
3. Сокращение межкадрового интервала PVV – Path Variability Value – при прохождении кадров через все повторители должно быть не более 49 битовых интервала (bt), IPG – Inter Packer Jap – между кадрами – 96 bt

2 части: расчет на PDV и расчет на сокращение межкадрового интервала.

Расчет PDV.

Для упрощения расчетов IEEE опубликовал справочные данные – значения задержек на элементах сети (хабах, кабелях). В таблицах эти задержки IEEE именовал, как базы сегментов для удобства приводятся сразу удвоенные задержки.

Тип сегмента	База левого сегмента	База промежуточного сегмента	База правого сегмента	Задержка среды на 1 м	Максимальная длина сегмента
10 BASE-T	15,3	42,0	165,0	0,113	100
10 BASE-FB	-	24,0	-	0,1	2000
10 BASE-FL	12,3	33,5	156,5	0,1	2000



Левый сегмент – откуда начинается путь кадра, правый сегмент – куда поступает кадр.

Здесь нарушены оба правила:

1. 5 хабов подряд вместо 4
2. Сами сегменты имеют разные кабели

Расчет заключается в подсчете суммарной задержки передачи кадров между левым и правым сегментом.

Расчет PDV.

Левый сегмент 1:

$$15,3 \text{ (база)} + 100 * 0,113 = 26,6 \text{ bt}$$

Промежуточный сегмент 2:

$$33,5 + 1000 * 0,1 = 133,5 \text{ bt}$$

Промежуточный сегмент 3:

$$24 + 500 * 0,1 = 64,0 \text{ bt}$$

Промежуточный сегмент 4:

$$24 + 500 * 0,1 = 64,0 \text{ bt}$$

Промежуточный сегмент 5:

$$24 + 600 * 0,1 = 84,0 \text{ bt}$$

Правый сегмент 6:

$$165 + 100 * 0,113 = 176,3 \text{ bt}$$

Сумма:

$$PDV = 568,4 \text{ bt} < 575 \text{ bt} - \text{сеть корректна}$$

Расчет PVV.

Чтобы сеть была окончательно корректно необходимо рассчитать еще сокращение межкадрового интервала всеми хабами сети. Для расчета IEEE приводит справочную таблицу.

Тип сегмента	Передающий сегмент	Промежуточный сегмент
10 BASE-FB	-	2
10 BASE-FL	10,5	8
10 BASE-T	10,5	8

Левый сегмент 1: сокр = 10,5

Пром сегмент 2: сокр = 8

Пром сегмент 3: сокр = 2

Пром сегмент 4: сокр = 2

Пром сегмент 5: сокр = 2

Сумма PVV = 24,5 bt

$$24,5 < 49$$

Сеть корректна.

Технология Token Ring.

Стандарт 802.5

Основные характеристики:

Детерминированный метод доступа

Разрабатывали IBM

Скорость передачи 16Мбит/с

Технология предусматривает применение средств отказоустойчивости для контроля за работой сети одна из станций (обычно с максимальным MAC адресом) назначается монитором, т.е. управляющим работой сети. Если основной монитор выходит из строя, то на его место вступает другая РС, для этого активный монитор каждые 3 секунды генерирует спецкадр своего присутствия, если этого кадра нет в кольце 7 секунд – выбирается новый монитор. Используется маркерный метод доступа. При включении сети, монитор отправляет по кольцу специальный трехбайтовый кадр. Каждая РС может отправлять данные только при условии, что она получила маркер, причем, на время передачи данных маркер удерживается этой РС. РС может удерживать маркер ограниченное время ТНТ – Token Holding Time – 10мс. Отправив кадры, РС следом отправляет маркер, который может быть захвачен другой РС, т.о. в кольце могут одновременно присутствовать кадры разных РС и только один маркер. Отправленный кадр опознается по MAC адресам назначения приемником. При этом, эта станция опрокидывает бит А (address) в единицу, затем проверяет сгс и если сумма совпала, то она копирует кадр в свой буфер (т.е. принимает кадр) и опрокидывает бит С(сору) в 1, в знак того, что скопировала адрес. В таком виде кадр отправляется дальше по кольцу и достигает станцию отправителя, которая проверяет биты А и С. Если С равно 1, то она понимает, что кадр принят и готовит к передаче следующий кадр. Если С равно 0, готовит к отправлению тот же кадр. Но отправит она его только когда получит маркер. Станция отправители могут назначить своим кадрам приоритеты уровням от 0 до 7. Как используются приоритеты? Уровень приоритета задается маркером, РС может захватить маркер, если приоритет ее кадров \geq приоритету маркера. Если маркера не будет в кольце – сеть ляжет. Если маркер отсутствует больше чем 2,6с, то монитор порождает новый маркер.

Формат кадров TokenRing.

1. Маркер
2. Кадр данных
3. Прерывающая последовательность

Маркер

Трехбайтовый служебный кадр.

1 байт: Start Delimited (SD) – стартовый ограничитель, указывает начало кадра, имеет уникальный код jk0jk000

2 байт: управление доступом AC Access Control

P	P	P	T	M	R	R	R
---	---	---	---	---	---	---	---

Первые три Р – основной приоритет, Т – бит маркера (признак), М – бит монитора, RRR – резервный приоритет.

Бит монитора М устанавливается в 1 монитором, когда он отправляет маркер, и в 0 любой станцией, которая его захватит. Если маркер прошел по кольцу и монитор его снова принял с M=1, он понимает, что его маркер не был захвачен ни одной PC. Если это был кадр, а не маркер, то он удаляется из кольца, а если маркер – то передается дальше с пониженным PPP)

3 байт: конечный ограничитель ED End Delimited JK1JK1IE

I – Intermediate – указывает, что кадр последний в серии, передаваемых кадров, если i=0;

E – Error – указывает, что в кадре есть ошибка

управление доступом AC Access Control

Кадр данных

Включает те же 3 поля, плюс дополнительные поля.

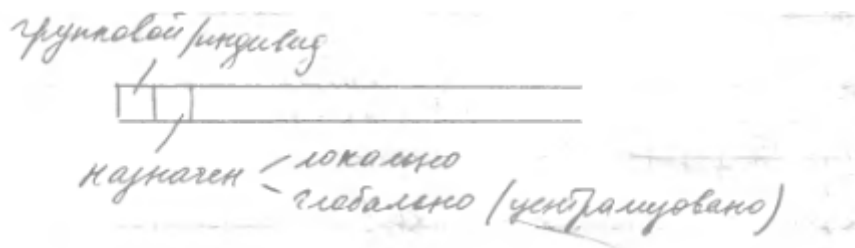
- Начальный ограничитель SD
- Управление кадром Frame Control – FC
- Адрес назначения – Destination Address – DA
- Адрес источника – Source address – SA
- Данные – Info
- Контрольная сумма – CRC
- Конечный ограничитель – ED
- Статус кадра – Frame Status FC

Кадр данных может переносить либо служебные данные (управление кольцом – MAC подуровень), либо пользовательские данные (LLC подуровень).

Поле FC определяет тип кадра. Если определили данные MAC, то FC так же указывает, какой из 6ти типов кадров передается:

1. Тест дублирования адреса – Duplicate Address test – DAT – впервые подсоединяясь к кольцу PC посылает этот кадр, чтобы удостовериться, что в кольце нет такого же MAC адреса
2. Существуют активные мониторы – Active Monitor Present – AMP – такой кадр монитор периодически посылает в кольцо – сообщает, что он работоспособен.
3. Существует резервный монитор – Standby Monitor Present – SMP – отправляется от любой станции не являющейся активным монитором.
4. Маркер заявки - Claim token – CT – отправляется резервным монитором после отказа активного монитора.
5. Сигнал – Beacon – BCN – любая PC отправляет этот кадр в случае сетевых проблем (обрыв кабеля в кольце, передача кадра без маркера, самопроизвольно). Каждая PC передает BCN до тех пор, пока не примет такой же BCN от предыдущей станции.
6. «Очистка» - Purge – PRG – новый активные монитор использует для очистки кольца от всех предыдущих кадров.

SA: 6 байт



1111 – широковещательный

Info: может содержать управляющие данные либо данные подуровня LLC

FS: 1 байт = 4 резервных бита и 2 подполя

ACxxACxx

A – адрес распознан приемником

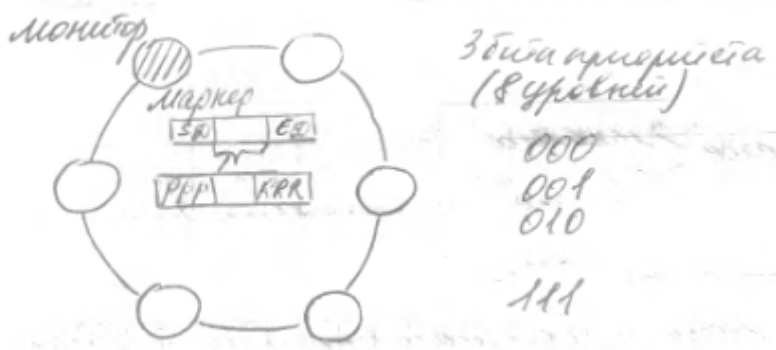
C – данные скопированы в буфер приемника => в данных нет ошибки

Если кадр приходит к передатчику с A=0, значит станция-приемник в кольце отсутствует

Прерывающая последовательность

2 байта. Начальный и конечный ограничитель. Может появляться в любом месте, указывает, что текущая передача кадра или маркера отменяется.

Приоритетный доступ к кольцу.



Как кадр, так и маркер имеют установленные уровни приоритетов. В начале работы монитор отправляет маркер с максимальным уровнем основного приоритета (PPP=111). Двигаясь по кольцу, маркер поступает на очередную PC, которая имеет кадры для передачи с определенным уровнем приоритета. Этот уровень установлен прикладным (7ым) уровнем модели OSI. Станция захватывает маркер и передает свои кадры, если уровень их приоритета не ниже приоритета PPP маркера. Если PC не захватывает маркер, она вписывает в поле RRR маркера свой приоритет. Следующая PC может переписать биты RRR, если приоритет ее кадров выше (но ниже, чем PPP). Если приоритет маркера, первоначально установленный монитором, очень высок и маркер не захвачен ни одной PC, то при вторичном проходе через монитор он переписывает биты RRR на PPP. Проходя далее по кольцу, маркер достигает станции с максимальным приоритетом. PC захватывает маркер и передает свой кадр. Приоритет PPP использован. PC отправляет маркер, переписав RRR на место PPP. Т.о. маркер

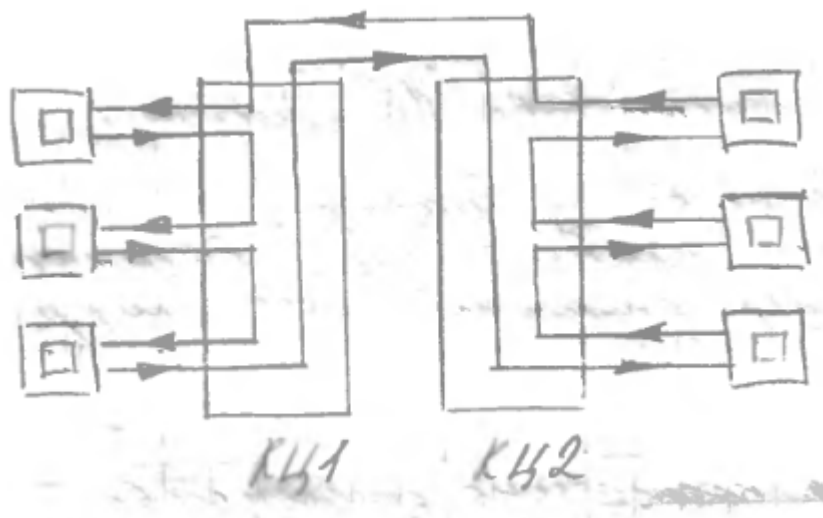
постоянно отслеживает максимальный приоритет кадров в кольце и дает доступ в первую очередь этим РС. Механизм приоритетов начинает работать только если прикладной уровень решит его использовать. Иначе, все РС имеют равные приоритеты. Это делается потому, что приоритеты кадров поддерживают далеко не все технологии. Поэтому в гетерогенной сети использование приоритетов становится невозможным. В современных сетях приоритет обеспечивается коммутаторами или маршрутизаторами.

Физический уровень технологии Token Ring.

Сеть строится на основе концентраторов, которые называются MSAU (Multistation Access Unit)

До 260 узлов (РС)

4000м длина



КЦ может быть пассивный либо активный. Пассивный MSAU – простой соединитель. Одна из его функций – обход порта выключенной РС.

Используются кабели STP type 1, UTP кат. 3 или в/о кабель

- При STP станций ≤ 260 , длина сегменты ≤ 100 м
- При UTP станций ≤ 72 , длина сегмента ≤ 45 м

Расстояние между пассивным MSAU – 100 м

Расстояние между активным MSAU ≤ 730 м

Длина кольца ≤ 4000 м

В последних вариантах сети фирма IBM предлагает структуру из двух колец (2000 сегмент).

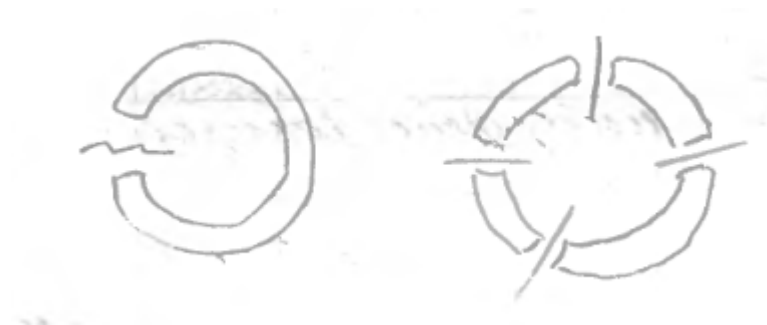
Hi-Speed TR – 155 Mb/s

Технология FDDI.

Fiber Distributed Data Interface

Оптоволоконный интерфейс распределенных данных

Скорость передачи данных 100 Мб/с по двойному о/в кольцу протяженностью до 100км. Метод доступа полностью из TR с единственным отличием – отсутствуют поля приоритета. Всего 2 уровня приоритета. PC подключается к обоим кольцам. Передача данных ведется по первичному кольцу – режим Thru. Если кольцо будет оборвано, то оно автоматически будет свернута – режим Wrup (свертывания). Если кольцо оборвалось в 2х и более местах, то оно разбивается на несколько свернутых колец.



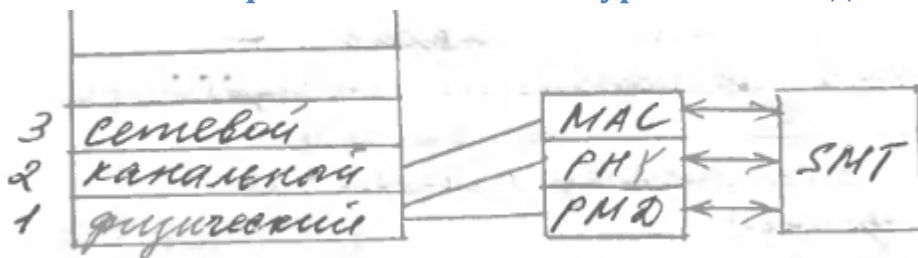
Метод доступа к кольцу аналогичен TR, но время удержания маркера PC – не постоянная величина, а зависит от загруженности сети. Синхронный трафик получает доступ всегда.

Механизм приоритетов предполагает два уровня:

- Синхронный трафик – высший
- Асинхронный трафик – низший

Форматы адресов и кадров аналогичны TR, только отсутствуют поля приоритетов.

Соответствие протоколов FDDI семиуровневой модели



SMT – Station Management

PHY – подуровень Physical, независимый от среды передачи

PMD – подуровень Physical Media Dependent, зависящий от среды

Отличительная особенность FDDI – наличие уровня управления станций SMT. Именно SMT выполняет все функции по управлению сетью. Все узлы сети обмениваются служебными кадрами SMT.

Физический уровень разделяется на 2 подуровня:

- Physical (PHY) – для согласования уровня MFC с PMD
- Physical Media Dependent (PMD) – согласует физический уровень с конкретным КС, который мб реализован в двух видах на о/в или на UTP

На уровне MAC – AUI (attachment Unit Interface)

На уровне PMD – MII

Логика метода доступа FDDI.

Для передачи синхронных кадров PC всегда может захватить маркер. Тип кадра (синхр/асинхр) задается прикладным уровнем. Если станция передает асинхронный трафик, то для определения возможности захвата маркера PC должна измерить интервал времени с момента прихода предыдущего маркера – TRT (Token Rotation Time). TRT сравнивается с максимально допустимым временем оборота маркера по кольцу T_{\max} . Если

- $TRT < T_{\max}$, то PC с асинхронными кадрами получает время доступа $T = T_{\max} - TRT$
- $TRT \geq T_{\max}$, то $T_{\text{доступа}} = 0$. В этом случае, синхронный трафик все равно получает доступ в кольцо.

Описанный метод доступа очень четко регулирует трафик в сети FDDI. Это регулирование адаптивное.

Отказоустойчивость FDDI.

Главная мера – двойное кольцо. Допускается два вида подключения:

- Dual Attachment – к обоим
- Single Attachment – к одному кольцу.

Сеть FDDI строится на концентраторах с обоими видами подключений.

Различают следующие устройства сети:

1. SAS (Single Attachment Station) – станция одиночного подключения
2. DAS (Dual Attachment Station) – станция двойного подключения
3. SAC (Single Attachment Concentrator) – концентратор одиночного подключения
4. DAC (Dual Attachment Concentrator) – концентратор двойного подключения

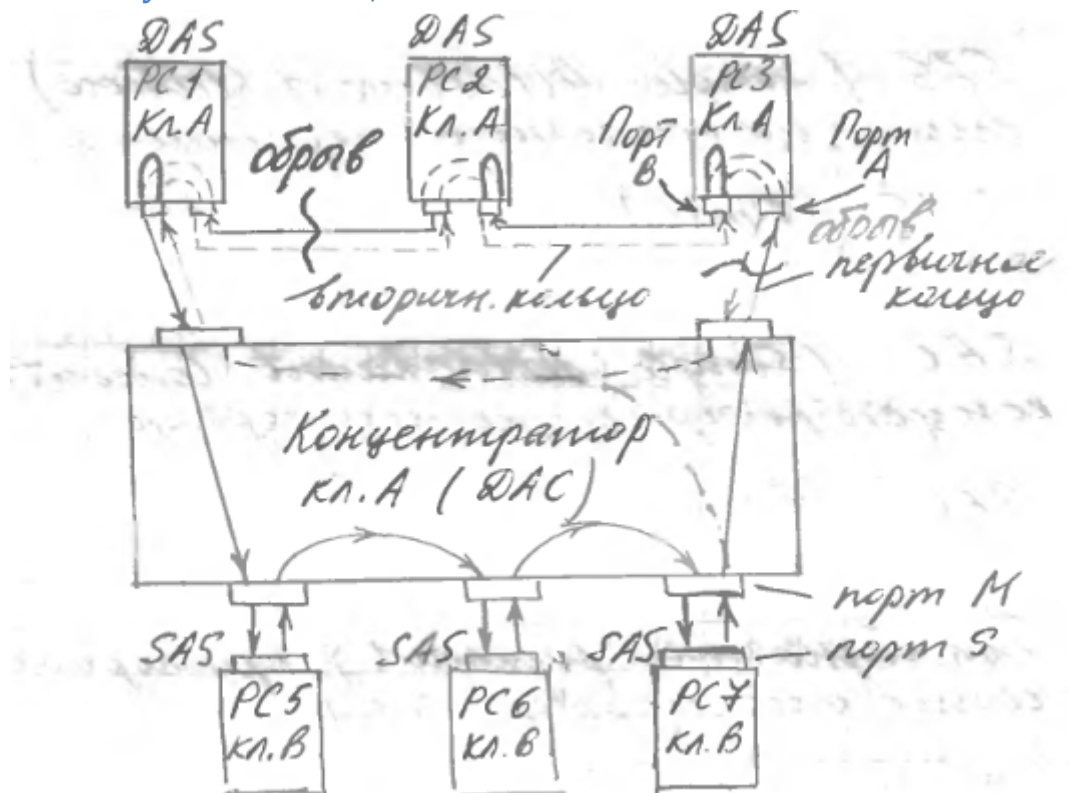
Для обозначения разъемов при подключении к сети они маркируются:

1. Разъемы A и B – для устройств Dual
2. Разъемы M (master) и S (slave) – для устройств Single

Сворачиванием кольца управляют концентраторы и PC. Индикатором обрыва является отсутствие служебного сигнала между портами idle.

В кольце всегда присутствует сигнал. Если нет информационных кадров, то передаются idle. Кроме того, каждая PC снабжена переключателем, который замыкается при выключении PC.

Подключение узлов к кольцам FDDI.



При создании сети FDDI концентраторы могут каскадировать. При этом обычно порт В поддерживает основное кольцо, а порт А – резервное. Это Dual Homing. Реконфигурацией кольца управляет уровень SMT.

Физический уровень технологии FDDI.

При передаче световых сигналов используется логическое кодирование 4B/5B (4 бита/5 бит), где используются только 16 «полезных» комбинаций из 32. При этом выбираются такие полезные комбинации, где нет большого количества «0» подряд с тем, чтобы обеспечить синхронизацию.

Синхронизация осложняется, если подряд много «0», т.е. сигнал тогда не изменяется. Поэтому логическое кодирование 4B/5B стремится уменьшить количество подряд идущих «0».

При первоначальном соединении портов, они под управлением SMT проводят процедуру установления содержания путем передачи служебных символов из неиспользуемых кодов 4B/5B. Здесь определяет:

1. Типы портов (A,B,M,S)
2. Проводится тест качества каналов на работоспособность уровня MAC

FDDI поддерживает 2 разновидности PMD.

1. в/о кабель
2. UTP категории 5

Оптоволоконный PMD.

Физическая среда – MMF 62,5/125

Максимальное расстояние между узлами 2км

В случае использования SMF 9,5/125

Максимальное расстояние между узлами 40км

Оптический разъем MIC (Media Interface Connector)

A = 1300 км; Код NRZI

TP-PMD

UTP категории 5 (5e) и выше

Физический код MLT-3

Логический код – 4B/5B

MLT-3: трехуровневое кодирование (+V,0,-V)

Переход на соседний уровень при «1», отсутствие перехода при «0».

Максимальное расстояние между узлами 100м.

Максимальная протяженность кольца 100км.

Максимальное количество PC с двойным подключением 500.

FDDI – дорогая технология, применяется на ответственных протяженных магистралях для объединения ЛВС зданий. Обеспечивает высокую скорость (до 100 Мбит), отказоустойчивость.

Технология Fast Ethernet.

1995г

Стандарт 802.43

Стандарт 802.12

Физический уровень технологии FE.

Все отличия FE от E только на физическом уровне, стандарты 802.2 – LLC 802.3 MAC.

В/о MMF – 2 волок

UTP кат 5е – 2 пары

UTP кат 3 – 4 пары

Время передачи кадра минимальное в 10 раз меньше, то диаметр сети сокращается до 200 метров.

Стандарт 802.3U устанавливает 3 спецификации физического уровня:

- 100-BASE-Tx – 2 пары UTP кат.5е
- 100-BASE-T4 – 4 пары UTP кат.3
- 100-BASE-FX – MMF, 2 волок.

Во время паузы кадров передается сигнал Idle (простой).

Устройство физического уровня Phy состоит из следующих подуровней:

1. Подуровень логического кодирования
Биты, принятые с MAC уровня, преобразуются кодированием 4b/5b либо 8b/6t (100-BASE-T4)
2. PMD
Формирование подуровня физического кодирования NRZI; MLT-3
3. Подуровень автопереговоров
PC в сети автоматически выбирают режим работы

Между спецификацией Tx Fx много общего: кодирование 4b/5b, поток данных:

Idle-JK-преамбула-DA-SA-L-DATA-CRC-T-Idle

JK – ограничитель idle

T – ограничитель кадров

J = 11000, K = 10001

NRZI – 100-BASE-Fx

MLT-3 –

Физический уровень 100-BASE-Tx.

Максимальная длина кабеля – 100м.

Основное отличие от Fx:

- используется для передачи технологию MLT-3
- автопереговоры: для выбора режима работы выполняется в момент подключения сетевого адаптера CA 10/100Мбит к концентратору. Всего определено 5 режимов, которые поддерживают 100-BASE-Tx, 100-BASE-T4.

Переговоры при включении питания или включении новой PC.

Устройство-инициализатор начинает передавать пачку новых импульсов (FLP – Fast Link Pulse burst), в которых есть 1 байт кодирующий режим работы, начиная с самого приоритетного. Если узел-партнер поддерживает этот режим, они отвечают FLP подтверждающий его, а если нет, указывают свой, менее приоритетный FLP.

PC, которая поддерживает только 10-BASE, каждые 16 мс посылает манчестерские импульсы для проверки линии с соседним узлом. Такой узел «не понимает» FLP и продолжает посылать свои импульсы. Остальные PC, не получив ответного FLP, понимают, что можно работать только на 10Мбит и устанавливают этот режим.

Физический уровень 100-BASE-T4.

UTP кат.3, 4 пары.

В этой технологии скорость 100Мбит достигается при одновременной передаче по всем четырем парам кат.3. Здесь используется логическое кодирование 8b/6t. За счет этих двух приемов передаваемый битовый поток укладывается в полосу пропускания 16МГц кат.3.

Кодирование 8b/6t – исходные 8 бит заменяются на 6 тактов троичной CC. В результате применяется физический код MLT-3.

Исходные 8 бит – 256 комбинаций. Заменяются 6 тактов троичной CC $-3^6 = 729$

MLT-3 (+1) (0) (-1)

Коммутаторы.

В 1990г фирма Kalpana

Коммутатор – многопортовый мост.

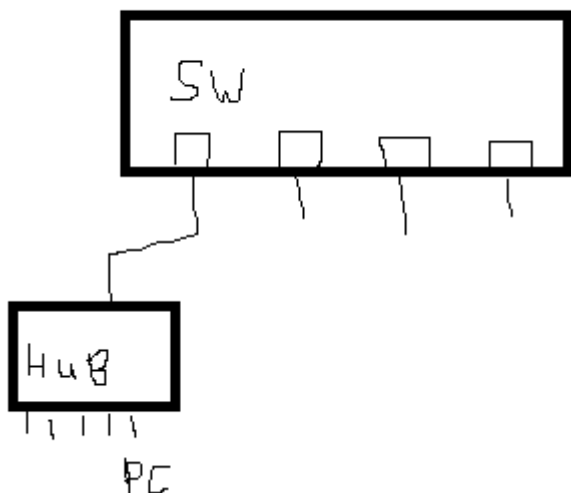
Принципы работы коммутаторов.

Различают 2 типа коммутаторов:

- прозрачные коммутаторы – наиболее часто используемые
- коммутаторы от источника – SR-мосты (source routing)

Принцип работы прозрачного коммутатора.

КМ (коммутатор) строит свою адресную таблицу на основании пассивного наблюдения за трафиком, проходящим через его порты. Он запоминает адрес источника кадров, поступающих на его порты и на этом основании судит о подключении соответствующих РС к его порту. Каждый порт КМ является полноправным членом того сегмента сети, который к нему подключен на равне с другими РС. Единственное его отличие от РС – он не имеет никакой адресации, т.е. работает в режиме «неразборчивого приема».



Коллизия в одном домене никак не влияет на коллизии в другом домене.

КМ – самообучающееся устройство. В результате этого он передает кадры только на порт назначения. В исходном состоянии КМ не имеет обучения. В этом случае КМ передает кадр на все порты из того расчета, чтобы кадр не был утерян, но при передаче на каждый порт, он отрабатывает метод доступа CSMA/CD. Он передает на все порты, но необязательно одновременно. Обучение – свич запоминает MAC-адреса всех компьютеров, подключенных к определенному порту. После того, как КМ прошел этап обучения, у него образуется статистика подключения MAC-адресов станций к каждому конкретному порту. Теперь на этом основании он работает более рационально – он может определить на каком порте подключена станция назначения. И коммутирует кадр только на этот порт. Если адрес назначения на том же порте, то КМ отбрасывает (фильтрует) этот кадр. Процесс обучения никогда не заканчивается, он работает постоянно. КМ автоматически приспосабливается к изменениям в сети:

1. PC переместили на другой порт. Для этой цели записи являются динамические и имеют срок жизни TTL. Если запись не подтверждается за время TTL - она удаляется из памяти
2. Статические адреса – нет TTL. Это адреса, которые админ через порт управления внес туда вручную.

Сети на коммутаторах имеют один большой недостаток. Когда происходит затопление сети (широковещательная рассылка) flood. Широковещательный MAC-адрес FF...FF (12*f) – 6 байт.

Broadcast storm – появляется при некотором критическом кол-ве PC в сети на коммутаторах. Порядка 200-300 компьютеров.

Forwarding Table

Address	Disp
00 63 51 fy 12 6.	Port 1
- - - - -	Port 3
* 01 35 b4 3a 51 6.	Discard
- - - - -	Port 1
* 03 12 5b 43 21 64	Flood
+	Port 2

* - адрес статический (админ)

Discard – отбросить

Flood – затопить (широковещательный)

+ - срок жизни истек

SR-мосты.

Мосты с маршрутизацией от источника. Применяются для соединения колец Token Ring и FDDI в большую сеть. SR – сеть основана на том, что PC-отправитель помещает в посылаемый в другое кольцо кадр – все адресную информацию о промежуточных КМ и кольцах, которые должен пройти кадр до станции-получателя. Для этого каждое кольцо и каждый КМ имеют свой номер. Информация о перечне промежуточных элементов включается в кадр при отправке в специальное поле RIF – Routing Information Field. Для формирования поля РИФ перед передачей кадров используется 2 служебных кадра: широковещательный кадр-исследователь SRBF – Single –Route BroadCast Frame и широкомаршрутный кадр ARBF – поступает на станцию назначения как запрос, и возвращается на станцию отправитель, по пути собирая все номера колец и промежуточных коммутаторов. Станция-источник, выбирает самую короткую из полученных цепочек и вставляет в кадр.