

Александр Александрович Олейников

Компьютерные и телекоммуникационные сети

Лекция 1.3.1. Протоколы и стандарты локальных сетей.

Астрахань, 2018

Общая характеристика протоколов локальных сетей

- ▶ При организации взаимодействия узлов в локальных сетях основная роль отводится протоколу канального уровня. Однако для того, чтобы канальный уровень мог справиться с этой задачей, структура локальных сетей должна быть вполне определенной, так, например, наиболее популярный протокол канального уровня - Ethernet - рассчитан на параллельное подключение всех узлов сети к общей для них шине - отрезку коаксиального кабеля или иерархической древовидной структуре сегментов, образованных повторителями. Протокол Token Ring также рассчитан на вполне определенную конфигурацию - соединение компьютеров в виде логического кольца.

- ▶ Для упрощения и, соответственно, удешевления аппаратных и программных решений разработчики первых локальных сетей остановились на совместном использовании кабелей всеми компьютерами сети в режиме разделения времени, то есть режиме TDM. Наиболее явным образом режим совместного использования кабеля проявляется в классических сетях Ethernet, где коаксиальный кабель физически представляет собой неделимый отрезок кабеля, **общий для всех узлов сети**. Но и в сетях Token Ring и FDDI, где каждая соседняя пара компьютеров соединена, казалось бы, своими индивидуальными отрезками кабеля с концентратором, эти отрезки не могут использоваться компьютерами, которые непосредственно к ним подключены, в произвольный момент времени. Эти отрезки образуют логическое кольцо, доступ к которому как к единому целому может быть получен только по вполне определенному алгоритму, в котором участвуют все компьютеры сети. Использование кольца как общего разделяемого ресурса упрощает алгоритмы передачи по нему кадров, так как в каждый конкретный момент времени кольцо занято только одним компьютером.

- ▶ Использование разделяемых сред (shared media) позволяет упростить логику работы сети. Например, отпадает необходимость контроля переполнения узлов сети кадрами от многих станций, решивших одновременно обмениваться информацией. В глобальных сетях, где отрезки кабелей, соединяющих отдельные узлы, не рассматриваются как общий ресурс, такая необходимость возникает, и для решения этой проблемы в протоколы обмена информацией вводятся весьма сложные процедуры управления потоком кадров, предотвращающие переполнение каналов связи и узлов сети.

- ▶ Использование в локальных сетях очень простых конфигураций (общая шина и кольцо) наряду с положительными имело и отрицательные последствия, из которых наиболее неприятными были ограничения по производительности и надежности. Наличие только одного пути передачи информации, разделяемого всеми узлами сети, в принципе ограничивало пропускную способность сети пропускной способностью этого пути (которая делилась в среднем на число компьютеров сети), а надежность сети - надежностью этого пути. Поэтому по мере повышения популярности локальных сетей и расширения их сфер применения все больше стали применяться специальные коммуникационные устройства - мосты и маршрутизаторы, - которые в значительной мере снимали ограничения единственной разделяемой среды передачи данных. Базовые конфигурации в форме общей шины и кольца превратились в элементарные структуры локальных сетей, которые можно теперь соединять друг с другом более сложным образом, образуя параллельные основные или резервные пути между узлами.

- ▶ Тем не менее внутри базовых структур по-прежнему работают все те же протоколы разделяемых единственных сред передачи данных, которые были разработаны более 15 лет назад. Это связано с тем, что хорошие скоростные и надежность характеристики кабелей локальных сетей удовлетворяли в течение всех этих лет пользователей небольших компьютерных сетей, которые могли построить сеть без больших затрат только с помощью сетевых адаптеров и кабеля. К тому же колоссальная инсталляционная база оборудования и программного обеспечения для технологий Ethernet и Token Ring способствовала тому, что сложился следующий подход: в пределах небольших сегментов используются старые протоколы в их неизменном виде, а объединение таких сегментов в общую сеть происходит с помощью дополнительного и достаточно сложного оборудования.

- ▶ В последнее время наметилось движение к отказу от разделяемых сред передачи данных в локальных сетях и переходу к применению активных коммутаторов, к которым конечные узлы присоединяются индивидуальными линиями связи. В чистом виде такой подход предлагается в технологии АТМ (Asynchronous Transfer Mode), а в технологиях, носящих традиционные названия с приставкой switched (коммутируемый): switched Ethernet, switched Token Ring, switched FDDI, обычно используется смешанный подход, сочетающий разделяемые и индивидуальные среды передачи данных. Чаще всего конечные узлы соединяются в небольшие разделяемые сегменты с помощью повторителей, а сегменты соединяются друг с другом с помощью индивидуальных коммутируемых связей.

- ▶ Существует и достаточно заметная тенденция к использованию в традиционных технологиях так называемой микросегментации, когда даже конечные узлы сразу соединяются с коммутатором индивидуальными каналами. Такие сети получаются дороже разделяемых или смешанных, но производительность их выше.
- ▶ При использовании коммутаторов у традиционных технологий появился новый для них режим работы - полнодуплексный (full-duplex). В разделяемом сегменте станции всегда работают в полудуплексном режиме (half-duplex), так как в каждый момент времени сетевой адаптер станции либо передает свои данные, либо принимает чужие, но никогда не делает это одновременно. Это справедливо для всех технологий локальных сетей, так как разделяемые среды поддерживаются не только классическими технологиями локальных сетей Ethernet, Token Ring, FDDI, но и всеми новыми - Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN, Gigabit Ethernet.

- ▶ В полнодуплексном режиме сетевой адаптер может одновременно передавать свои данные в сеть и принимать из сети чужие данные. Такой режим несложно обеспечивается при прямом соединении с мостом/коммутатором или маршрутизатором, так как вход и выход каждого порта такого устройства работают независимо друг от друга, каждый со своим буфером кадров.

- ▶ Сегодня каждая технология локальных сетей приспособлена для работы как в полудуплексном, так и полнодуплексном режимах. В этих режимах ограничения, накладываемые на общую длину сети, существенно отличаются, так что одна и та же технология может позволять строить весьма различные сети в зависимости от выбранного режима работы (который зависит от того, какие устройства используются для соединения узлов - повторители или коммутаторы). Например, технология Fast Ethernet позволяет для полудуплексного режима строить сети диаметром не более 200 метров, а для полнодуплексного режима ограничений на диаметр сети не существует. Поэтому при сравнении различных технологий необходимо обязательно принимать во внимание возможность их работы в двух режимах.

- ▶ Несмотря на появление новых технологий, классические протоколы локальных сетей Ethernet и Token Ring по прогнозам специалистов будут повсеместно использоваться еще по крайней мере лет 5-10, в связи с чем знание их деталей необходимо для успешного применения современной коммуникационной аппаратуры. Кроме того, некоторые современные высокопроизводительные технологии, такие как Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, в значительной степени сохраняют преемственность со своими предшественниками. Это еще раз подтверждает необходимость изучения классических протоколов локальных сетей, естественно, наряду с изучением новых технологий.

Структура стандартов IEEE 802.X

- ▶ В 1980 году в институте IEEE был организован "Комитет 802 по стандартизации локальных сетей", в результате работы которого было принято семейство стандартов IEEE 802.x, которые содержат рекомендации для проектирования нижних уровней локальных сетей.
- ▶ Стандарты семейства IEEE 802.x охватывают только два нижних уровня семиуровневой модели OSI - физический и канальный. Это связано с тем, что именно эти уровни в наибольшей степени отражают специфику локальных сетей. Старшие же уровни, начиная с сетевого, в значительной степени имеют общие черты, как для локальных, так и для глобальных сетей.

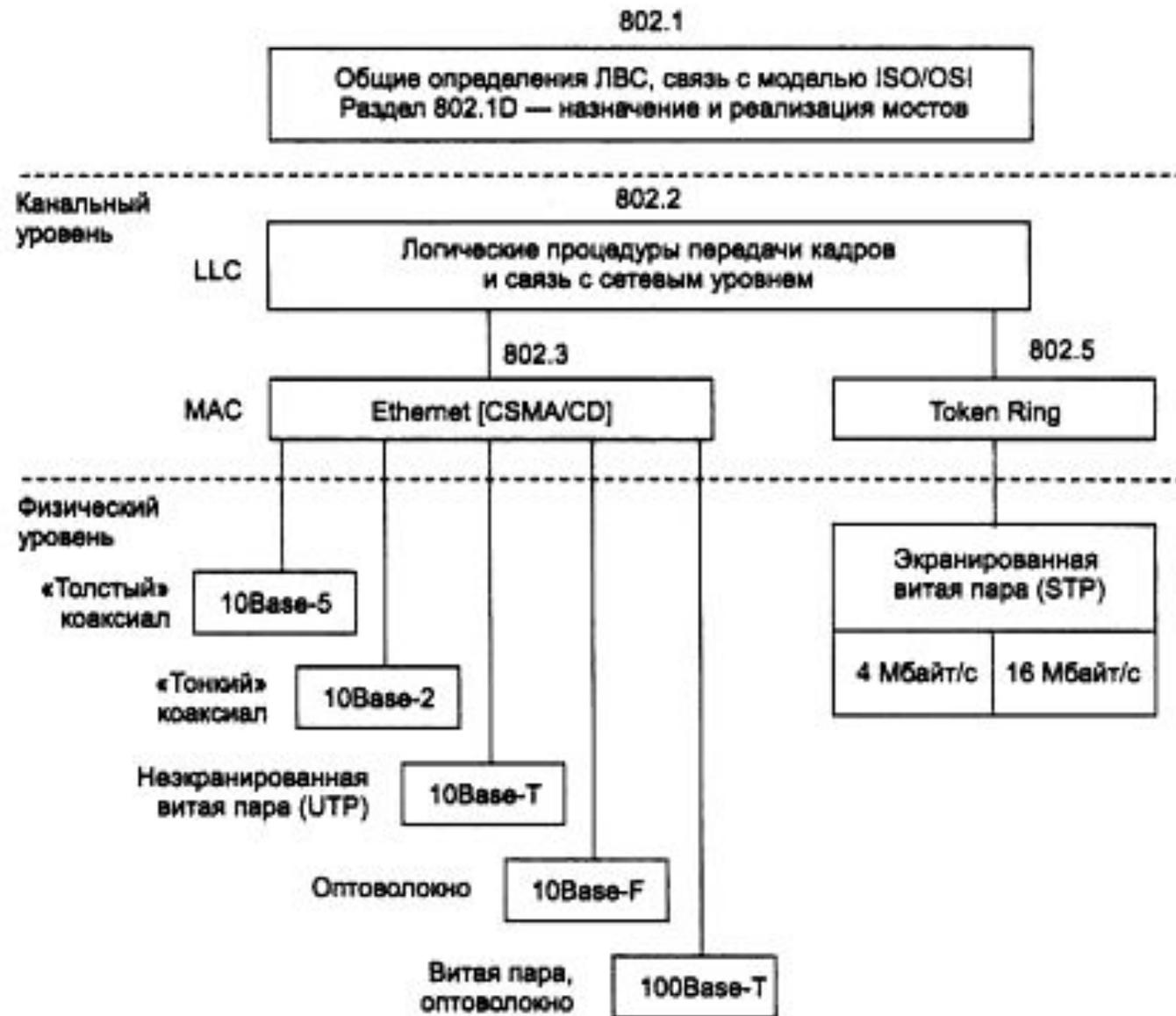


Рисунок 1. Структура стандартов IEEE 802.X

Специфика локальных сетей нашла также свое отражение в разделении канального уровня на два подуровня:

- подуровень управления доступом к среде (Media Access Control, MAC)
- подуровень логической передачи данных (Logical Link Control, LLC).

MAC-уровень появился из-за существования в локальных сетях разделяемой среды передачи данных. Именно этот уровень обеспечивает корректное совместное использование общей среды, предоставляя ее в соответствии с определенным алгоритмом в распоряжение той или иной станции сети.

Уровень LLC отвечает за достоверную передачу кадров данных между узлами, а также реализует функции интерфейса с прилегающим к нему сетевым уровнем. Для уровня LLC также существует несколько вариантов протоколов, отличающихся наличием или отсутствием на этом уровне процедур восстановления кадров в случае их потери или искажения, то есть отличающихся качеством транспортных услуг этого уровня.

Часть стандартов группы 802 описывает отдельные технологии, а часть содержит стандарты, общие для разных технологий.

Подгруппа 802.1 содержит общие определения локальных сетей, связь модели IEEE 802 с моделью OSI, правила взаимодействия различных технологий. К ней относятся:

- ▶ - 802.1d - логика работы моста/коммутатора; алгоритм покрывающего дерева.
- ▶ - 802.1h - логика работы транслирующего моста (связывающего сети разных технологий).
- ▶ - 802.1p - дополнения к логике мостов для работы с трафиком разных приоритетов и выполнения динамической фильтрации группового вещания.
- ▶ - 802.1q - построение виртуальных локальных сетей (Virtual LAN, VLAN) с помощью мостов/коммутаторов.

Стандарт 802.2 описывает работу подуровня LLC. Стандарты на методы управления логическим соединением.

- ▶ **Подгруппа стандартов 802.3** описывает работу подуровня MAC и физического уровня с методом доступа CSMA/CD. Собственно стандарт 802.3 определяет технологию Ethernet (10 Мбит/с), 802.3u - Fast Ethernet (100 Мбит/с), 802.3z и 802.3ab - Gigabit Ethernet (1 Гбит/с). Стандарт 802.3х определяет правила управления потоком для дуплексного режима.
- ▶ **Стандарт 802.4** описывает работу подуровня MAC и физического уровня технологий типа маркерная шина (Token bus network), прототип - ArcNet протокол MAP (Manufacturing Automation Protocol) для связи устройств промышленной автоматике).
- ▶ **Стандарт 802.5** описывает работу подуровня MAC и физического уровня технологий типа маркерного кольца (Token Ring).
- ▶ **Стандарт 802.6** описывает городские сети (Metropolitan Area Network, MAN).

- ▶ **Стандарт 802.7** описывает принципы широкополосной передачи. Передача разных сигналов по одному широкополосному кабелю методом частотного уплотнения каналов.
- ▶ **Стандарт 802.8** описывает принципы построения сетей на основе волоконно-оптических технологий.
- ▶ **Стандарт 802.9** содержит совместимые с ISDN спецификации совместной передачи голоса и данных.
- ▶ **Стандарт 802.10** описывает принципы сетевой безопасности.
- ▶ **Стандарт 802.11** описывает беспроводные технологии передачи данных (Wi-Fi).
- ▶ **Стандарт 802.12** определяет технологию передачи с методом приоритетного доступа по требованию. Технология 100VG-AnyLAN.
- ▶ **Стандарт 802.15** определяет стандарты на построение персональных сетей (802.15.1 - Bluetooth 1.1)
- ▶ **Стандарт 802.16** стандарт широкополосной беспроводной связи (Wi-Max).

ПРОТОКОЛ LLC

- ▶ Стандарт 802.2 описывает работу подуровня LLC - логические процедуры передачи кадров и связь с сетевым уровнем. В основу протокола LLC положен протокол HDLC (High-level Data Link Control Procedure), широко использующийся в территориальных сетях.

Три типа процедур уровня LLC

В соответствии со стандартом 802.2 уровень управления логическим каналом LLC предоставляет верхним уровням три типа процедур:

- ▶ LLC1 - сервис без установления соединения и без подтверждения;
- ▶ LLC2 - сервис с установлением соединения и подтверждением;
- ▶ LLC3 - сервис без установления соединения, но с подтверждением.

Этот набор процедур является общим для всех методов доступа к среде, определенных стандартами 802.3-802.12.

- ▶ *Сервис без установления соединения и без подтверждения LLC1* дает пользователю средства для передачи данных с минимумом издержек. Обычно, этот вид сервиса используется тогда, когда такие функции как восстановление данных после ошибок и упорядочивание данных выполняются протоколами вышележащих уровней, поэтому нет нужды дублировать их на уровне LLC.
- ▶ *Сервис с установлением соединений и с подтверждением LLC2* дает пользователю возможность установить логическое соединение перед началом передачи любого блока данных и, если это требуется, выполнить процедуры восстановления после ошибок и упорядочивание потока этих блоков в рамках установленного соединения. Протокол LLC2 во многом аналогичен протоколам семейства HDLC (LAP-B, LAP-D, LAP-M), которые применяются в глобальных сетях для обеспечения надежной передачи кадров на зашумленных линиях.

- ▶ В некоторых случаях (например, при использовании сетей в системах реального времени, управляющих промышленными объектами), когда временные издержки установления логического соединения перед отправкой данных неприемлемы, а подтверждение корректности приема переданных данных необходимо, базовый сервис без установления соединения и без подтверждения не подходит. Для таких случаев предусмотрен дополнительный сервис, называемый *сервисом без установления соединения, но с подтверждением LLC3*.

Структура кадров LLC

- ▶ По своему назначению все кадры уровня LLC (называемые в стандарте 802.2 блоками данных - Protocol Data Unit, PDU) подразделяются на три типа - информационные, управляющие и нумерованные:
- ▶ *Информационные кадры* предназначены для передачи информации в процедурах с установлением логического соединения и должны обязательно содержать поле информации. В процессе передачи информационных блоков осуществляется их нумерация в режиме скользящего окна.
- ▶ *Управляющие кадры* предназначены для передачи команд и ответов в процедурах с установлением логического соединения, в том числе запросов на повторную передачу искаженных информационных блоков.

- ▶ *Ненумерованные кадры* предназначены для передачи ненумерованных команд и ответов, выполняющих в процедурах без установления логического соединения передачу информации, идентификацию и тестирование LLC-уровня, а в процедурах с установлением логического соединения - установление и разъединение логического соединения, а также информирование об ошибках.

Все типы кадров уровня LLC имеют единый формат (рис. 2). Они содержат четыре поля:

- ▶ адрес точки входа сервиса назначения (Destination Service Access Point, DSAP),
- ▶ адрес точки входа сервиса источника (Source Service Access Point, SSAP),
- ▶ управляющее поле (Control)
- ▶ поле данных (Data)

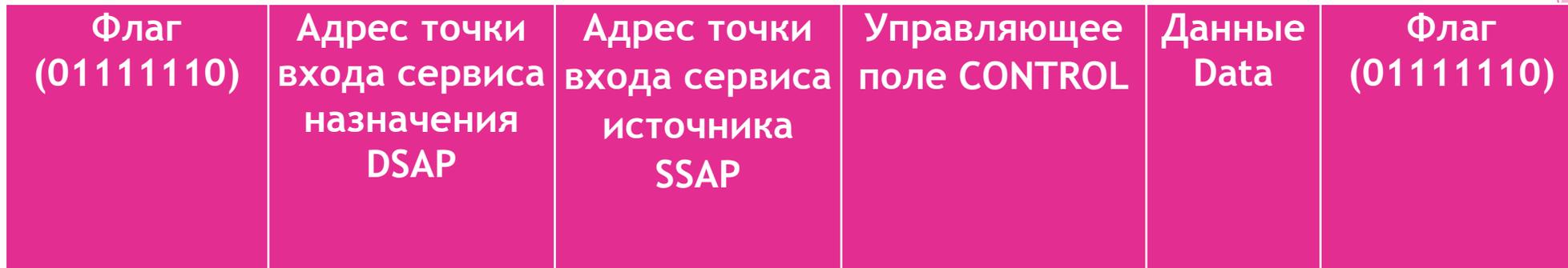


Рисунок 2. Структура LLC-кадра стандарта
802.2

- ▶ Кадр LLC обрамляется двумя однобайтовыми полями "Флаг", имеющими значение 0111110. Флаги используются на MAC-уровне для определения границ блока.
- ▶ *Поле данных кадра* LLC предназначено для передачи по сети пакетов протоколов верхних уровней - IP, IPX, AppleTalk, DECnet. Поле данных может отсутствовать в управляющих кадрах и некоторых нумерованных кадрах.
- ▶ *Поле управления* (один байт) используется для обозначения типа кадра данных - информационный, управляющий или нумерованный. Кроме этого, в этом поле указываются порядковые номера отправленных и успешно принятых кадров, если подуровень LLC работает по процедуре LLC2 с установлением соединения.
- ▶ *Поля DSAP и SSAP* позволяют указать, какой сервис верхнего уровня пересылает данные с помощью этого кадра. Программному обеспечению узлов сети при получении кадров канального уровня необходимо распознать, какой протокол вложил свой пакет в поле данных поступившего кадра, для того, чтобы передать извлеченный из кадра пакет нужному протоколу для последующей обработки.

- ▶ DSAP - это нечто вроде идентификационного номера процесса высшего уровня, который должен принять потом данные. Другими словами, это адрес протокола верхнего уровня, который принимает данные. То есть, когда кадр поступит к получателю, его уровень LLC обработает этот кадр, выполнит, что от него требовалось, а потом процесс высшего уровня, адрес которого указан в поле DSAP, примет оставшиеся данные.
- ▶ SSAP - это адрес верхнего уровня, который передает данные в протокол LLC.

Таким образом, адреса DSAP и SSAP позволяют указать, какая служба верхнего уровня пересылает данные с помощью этого кадра и какой службе верхнего уровня эти данные предназначены.

- ▶ Адреса DSAP и SSAP занимают по 1 байту.

Каждый кадр LLC относится к одному из трех типов (в зависимости от значения старших битов поля Control):

- ▶ - нумерованный (Numbered) - поле Control занимает 1 байт, два старших бита имеют значение 11,
- ▶ - информационный (Information) - поле Control занимает 2 байта, старший бит установлен в 0,
- ▶ - управляющий (Supervisory) - поле Control занимает 2 байта, два старших бита имеют значение 10.

Выводы

- ▶ При организации взаимодействия узлов в локальных сетях основная роль отводится классическим технологиям Ethernet, Token Ring, FDDI, разработанным более 15 лет назад и основанным на использовании разделяемых сред. ·
- ▶ Разделяемые среды поддерживаются не только классическими технологиями локальных сетей Ethernet, Token Ring, FDDI, но и новыми - Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN, Gigabit Ethernet. ·
- ▶ Современной тенденцией является частичный или полный отказ от разделяемых сред: соединение узлов индивидуальными связями (например, в технологии ATM), широкое использование коммутируемых связей и микросегментации. Еще одна важная тенденция - появление полнодуплексного режима работы практически для всех технологий локальных сетей. ·

- ▶ Комитет IEEE 802.X разрабатывает стандарты, которые содержат рекомендации для проектирования нижних уровней локальных сетей - физического и канального. Специфика локальных сетей нашла свое отражение в разделении канального уровня на два подуровня - LLC и MAC. ·
- ▶ Стандарты подкомитета 802.1 носят общий для всех технологий характер и постоянно пополняются. Наряду с определением локальных сетей и их свойств, стандартами межсетевого взаимодействия, описанием логики работы моста/коммутатора к результатам работы комитета относятся и стандартизация сравнительно новой технологии виртуальных локальных сетей VLAN. ·
- ▶ Подкомитет 802.2 разработал и поддерживает стандарт LLC. Стандарты 802.3, 802.4, 802.5 описывают технологии локальных сетей, которые появились в результате улучшений фирменных технологий, легших в их основу, соответственно Ethernet, ArcNet, Token Ring. ·
- ▶ Более поздние стандарты изначально разрабатывались не одной компанией, а группой заинтересованных компаний, а потом передавались в соответствующий подкомитет IEEE 802 для утверждения.