

Описание технологии Fast Ethernet

Содержание

- Описание технологии Fast Ethernet
 - Структура Fast Ethernet
 - Подуровень управления логической связью (LLC)
 - Заголовок SNAP
 - Подуровень согласования
 - Управление доступом к среде (MAC)
 - CSMA/CD
 - Устройство физического уровня (PHY)
 - Подуровень кодирования (PCS)
 - Подуровни физического присоединения и зависимости от физической среды PMA и PMD)
 - Подуровень автопереговоров (AUTONEG)
 - Физический уровень
 - Среда 100Base-TX
 - Разъем MDI (Medium Dependent Interface)
 - Кабель UTP категории 5 (е)*
 - Кабель STP типа 1
 - Среда 100Base-FX
 - Многомодовый кабель
 - Одномодовый кабель
 - Разъем MDI
 - Среда 100Base-T4
 - Разъем MDI
 - Ограничения длины кабеля
 - Конфигурации концентраторов
 - Преодоление ограничений топологии
 - Взаимодействие узлов сети
 - Адресация кадров
- Приложение А
 - Значений полей DSAP и SSAP
 - Поле управления
 - Алгоритм 4В/5В
 - Алгоритм 8В/6Т
 - Метод кодирования NRZI
 - Метод кодирования MLT-3

Fast Ethernet

Fast Ethernet – спецификация IEEE 802.3 и официально принятая 26 октября 1995 года определяет стандарт протокола канального уровня для сетей работающих при использовании как медного, так и волоконно-оптического кабеля со скоростью 100Мб/с. Новая спецификация является наследницей стандарта Ethernet IEEE 802.3, используя такой же формат кадра, механизм доступа к среде CSMA/CD и топологию звезда. Эволюция коснулась нескольких элементов конфигурации средств физического уровня, что позволило увеличить пропускную способность, включая типы применяемого кабеля, длину сегментов и количество концентраторов.

Структура Fast Ethernet

Чтобы лучше понять работу и разобраться во взаимодействии элементов Fast Ethernet обратимся к рисунку 1.

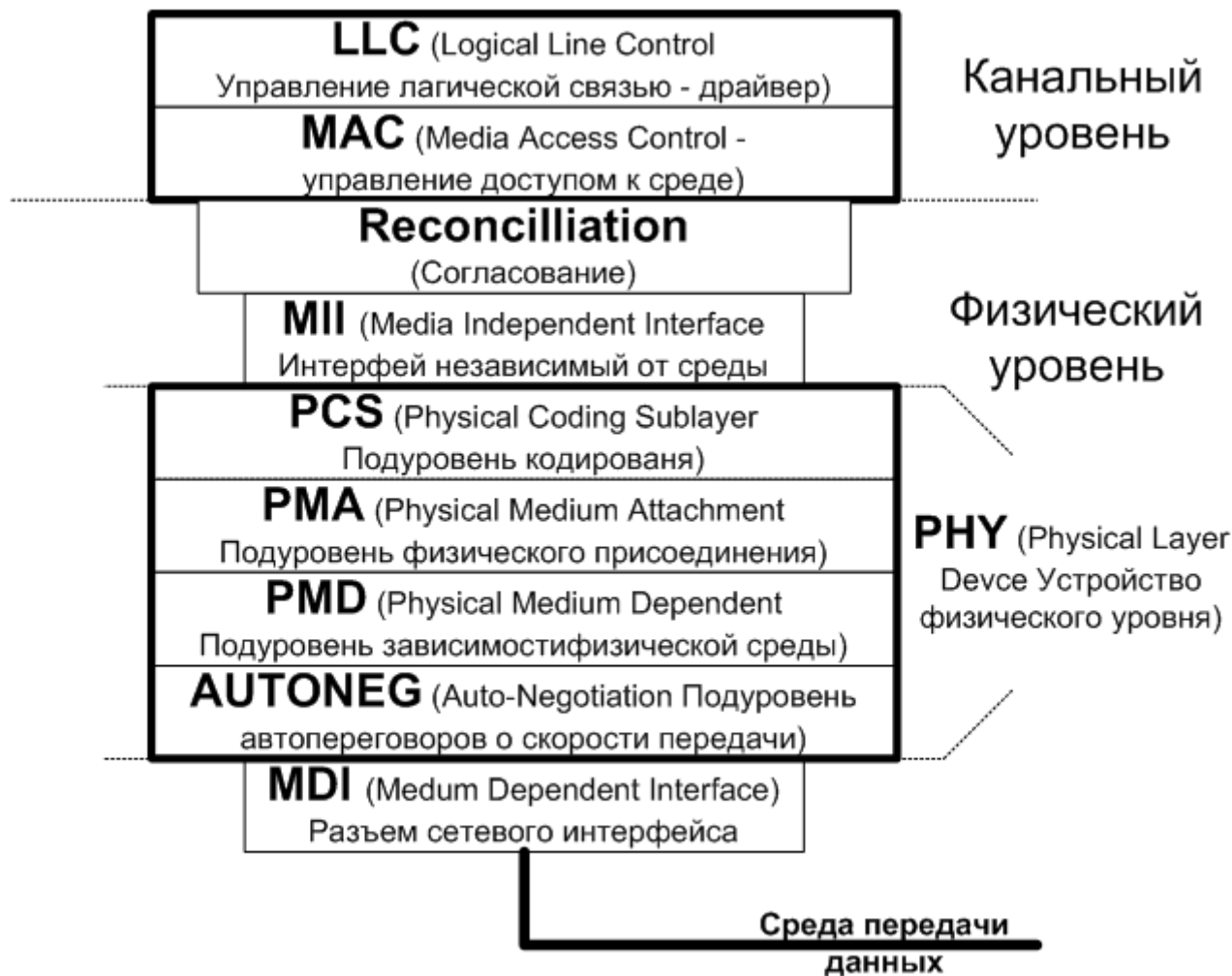


Рисунок 1. Система Fast Ethernet

Подуровень управления логической связью (LLC)

В спецификации IEEE 802.3u функции канального уровня разбиты на два подуровня: управления логической связью (LLC) и уровня доступа к среде (MAC), который будет рассмотрен ниже. LLC, функции которого определены стандартом IEEE 802.2, фактически обеспечивает взаимосвязь с протоколами более высокого уровня, (например, с IP или IPX), предоставляя различные коммуникационные услуги:

- **Сервис без установления соединения и подтверждений приема.** Простой сервис, который не обеспечивает управления потоком данных или контроля ошибок, а также не гарантирует правильную доставку данных.
- **Сервис с установлением соединения.** Абсолютно надежный сервис, который гарантирует правильную доставку данных за счет установления соединения с системой-приемником до начала передачи данных и использования механизмов контроля ошибок и управления потоком данных.
- **Сервис без установления соединения с подтверждениями приема.** Средний по сложности сервис, который использует сообщения подтверждения приема для обеспечения гарантированной доставки, но не устанавливает соединения до передачи данных.

На передающей системе данные, переданные вниз от протокола Сетевого уровня, вначале инкапсулируются подуровнем LLC. Стандарт называет их Protocol Data Unit (PDU, протокольный

блок данных). Когда PDU передается вниз подуровню MAC, где снова обрамляется заголовком и постинформацией, с этого момента технически его можно назвать кадром. Для пакета Ethernet это означает, что кадр 802.3 помимо данных Сетевого уровня содержит трехбайтовый заголовок LLC. Таким образом, максимально допустимая длина данных в каждом пакете уменьшается с 1500 до 1497 байтов.

Заголовок LLC состоит из трех полей:

- **DSAP** (1 байт) *Destination Service Access Point* - точка доступа к сервису системы – получателя указывает, в каком месте буферов памяти системы-получателя следует разместить данные пакета.
- **SSAP** (1 байт) *Source Service Access Point* - точка доступа к сервису системы - источника выполняет такие же функции для источника данных, размещенных в пакете, на передающей системе.
- **Поле управления** (1 или 2 байта) указывает на тип сервиса, необходимого для данных в PDU и функций пакета. В зависимости от того, какой сервис нужно предоставить, поле управления может быть длиной 1 или 2 байта.

В некоторых случаях кадры LLC играют незначительную роль в процессе сетевого обмена данными. Например, в сети, использующей TCP/IP наряду с другими протоколами, единственная функция LLC может заключаться в предоставлении возможности кадрам 802.3 содержать заголовок SNAP, подобно Ethertype указывающий протокол Сетевого уровня, которому должен быть передан кадр. В этом случае все PDU LLC задействуют нумерованный информационный формат. Однако другие высокоуровневые протоколы требуют от LLC более расширенного сервиса. Например, сессии NetBIOS и несколько протоколов NetWare используют сервисы LLC с установлением соединения более широко.

Заголовок SNAP

Принимающей системе необходимо определить, какой из протоколов Сетевого уровня должен получить входящие данные. В пакетах 802.3 в рамках PDU LLC применяется еще один протокол, называемый *Sub - Network Access Protocol (SNAP, протокол доступа к подсетям)*.

Заголовок SNAP имеет длину 5 байт и располагается непосредственно после заголовка LLC в поле данных кадра 802.3, как показано на рисунке. Заголовок содержит два поля.

Код организации. Идентификатор организации или производителя — это 3-байтовое поле, которое принимает такое же значение, как первые 3 байта MAC-адреса отправителя в заголовке 802.3.

Локальный код. Локальный код — это поле длиной 2 байта, которое функционально эквивалентно полю Ethertype в заголовке Ethernet II.

Подуровень согласования

Как было сказано ранее Fast Ethernet это эволюционировавший стандарт. MAC рассчитанный на интерфейс AUI, необходимо преобразовать для интерфейса MII, используемого в Fast Ethernet, для чего и предназначен этот подуровень.

Управление доступом к среде (MAC)

Каждый узел в сети Fast Ethernet имеет контроллер доступа к среде (**Media Access Controller** — MAC). MAC имеет ключевое значение в Fast Ethernet и имеет три назначения:

- определяет, когда узел может передать пакет;
- пересылает кадры уровню PHY для преобразования в пакеты и передачи в среду;*

- получает кадры из уровня РНУ и передает обрабатывающему их программному обеспечению (протоколам и приложениям).*

Самым важным из трех назначений MAC является первое. Для любой сетевой технологии, которая использует общую среду, правила доступа к среде, определяющие, когда узел может передавать, являются ее основной характеристикой. Разработкой правил доступа к среде занимаются несколько комитетов IEEE. Комитет 802.3, часто именуемый комитетом Ethernet, определяет стандарты на ЛВС, в которых используются правила под названием **CSMA/ CD** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов).

CSMA/ CD являются правилами доступа к среде как для Ethernet, так и для Fast Ethernet. Именно в этой области две технологии полностью совпадают.

Поскольку все узлы в Fast Ethernet совместно используют одну и ту же среду, передавать они могут лишь тогда, когда наступает их очередь. Определяют эту очередь правила CSMA/ CD.

CSMA/ CD

Контроллер MAC Fast Ethernet, прежде чем приступить к передаче, прослушивает несущую. Несущая существует лишь тогда, когда другой узел ведет передачу. Уровень РНУ определяет наличие несущей и генерирует сообщение для MAC. Наличие несущей говорит о том, что среда занята и слушающий узел (или узлы) должны уступить передающему.

MAC, имеющий кадр для передачи, прежде чем передать его, должен подождать некоторый минимальный промежуток времени после окончания предыдущего кадра. Это время называется **межпакетной щелью** (IPG, interpacket gap) и продолжается 0,96 микросекунды, то есть десятую часть от времени передачи пакета обычной Ethernet со скоростью 10 Мбит/с (IPG — единственный интервал времени, всегда определяемый в микросекундах, а не во времени бита) рисунок 2.

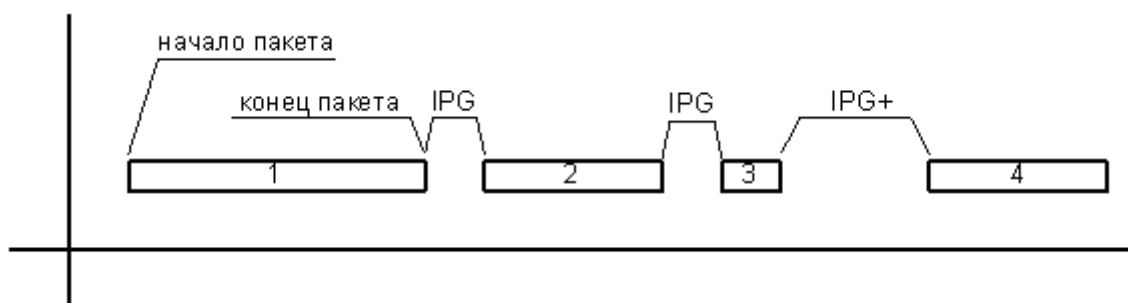


Рисунок 2. Межпакетная щель

После окончания пакета 1 все узлы ЛВС обязаны подождать в течение времени IPG, прежде чем смогут передавать. Временной интервал между пакетами 1 и 2, 2 и 3 на рис. 2 — это время IPG. После завершения передачи пакета 3 ни один узел не имел материала для обработки, поэтому временной интервал между пакетами 3 и 4 длиннее, чем IPG.

Все узлы сети должны соблюдать эти правила. Даже если на узле имеется много кадров для передачи и данный узел является единственным передающим, то после пересылки каждого пакета он должен выждать в течение, по крайней мере, времени IPG.

Именно в этом заключается часть CSMA правил доступа к среде Fast Ethernet. Короче говоря, многие узлы имеют доступ к среде и используют несущую для контроля ее занятости.

В ранних экспериментальных сетях применялись именно эти правила, и такие сети работали очень хорошо. Тем не менее, использование лишь CSMA привело к возникновению проблемы. Часто два

узла, имея пакет для передачи и прождав время IPG, начинали передавать одновременно, что приводило к искажению данных с обеих сторон. Такая ситуация называется **коллизией** (collision) или конфликтом.

Для преодоления этого препятствия ранние протоколы использовали достаточно простой механизм. Пакеты делились на две категории: команды и реакции. Каждая команда, переданная узлом, требовала реакции. Если в течение некоторого времени (называемого периодом тайм-аута) после передачи команды реакция на нее не была получена, то исходная команда подавалась вновь. Это могло происходить по несколько раз (предельное количество тайм-аутов), прежде чем передающий узел фиксировал ошибку.

Эта схема могла прекрасно работать, но лишь до определенного момента. Возникновение конфликтов приводило к резкому снижению производительности (измеряемой обычно в байтах в секунду), потому что узлы часто простаивали в ожидании ответов на команды, никогда не достигающие пункта назначения. Перегрузка сети, увеличение количества узлов напрямую связаны с ростом числа конфликтов и, следовательно, со снижением производительности сети.

Проектировщики ранних сетей быстро нашли решение этой проблемы: каждый узел должен устанавливать факт потери переданного пакета путем обнаружения конфликта (а не ожидать реакции, которая никогда не последует). Это означает, что потерянные в связи с конфликтом пакеты должны быть немедленно переданы вновь до окончания времени тайм-аута. Если узел передал последний бит пакета без возникновения конфликта, значит, пакет передан успешно.

Метод контроля несущей хорошо сочетается с функцией обнаружения коллизий. Коллизии все еще продолжают происходить, но на производительности сети это не отражается, так как узлы быстро избавляются от них. Группа DIX, разработав правила доступа к среде CSMA/CD для Ethernet, оформила их в виде простого алгоритма – рисунок 3.

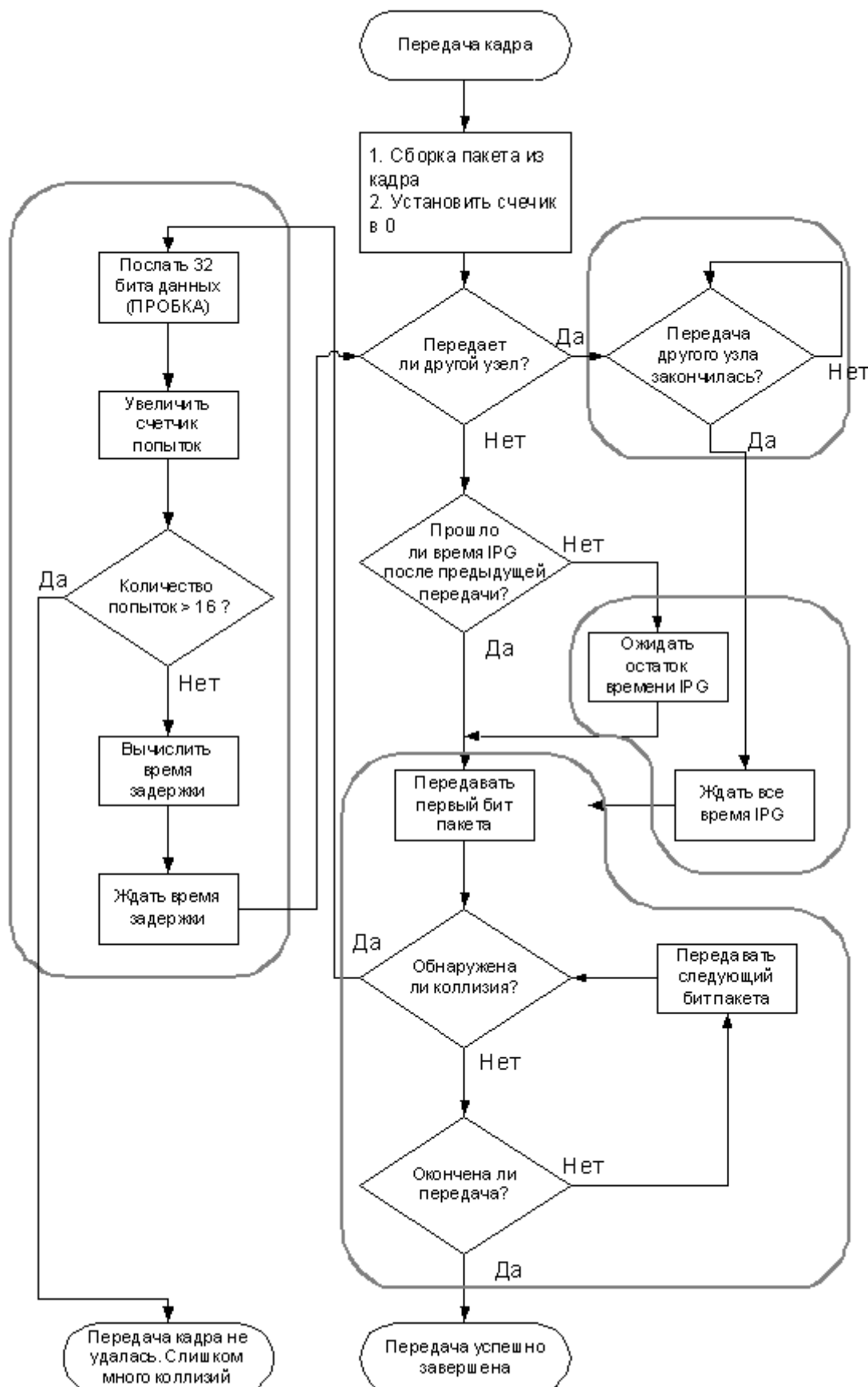


Рисунок 3. Алгоритм работы CSMA/CD

Устройство физического уровня (PHY)

Поскольку Fast Ethernet может использовать различный тип кабеля, то для каждой среды требуется уникальное предварительное преобразование сигнала. Преобразование также требуется для эффективной передачи данных: сделать передаваемый код устойчивым к помехам, возможным

потерям, либо искажениям отдельных его элементов (бодов), для обеспечения эффективной синхронизации тактовых генераторов на передающей или приемной стороне.

Подуровень кодирования (PCS)

Кодирует/декодирует данные поступающие от/к уровня MAC с использованием алгоритмов [4B/5B](#) или [8B/6T](#).

Подуровни физического присоединения и зависимости от физической среды (PMA и PMD)

Подуровни PMA и PMD осуществляют связь между подуровнем PSC и интерфейсом MDI, обеспечивая формирование в соответствии с методом физического кодирования: [NRZI](#) или [MLT-3](#).

Подуровень автопереговоров (AUTONEG)

Подуровень автопереговоров позволяет двум взаимодействующим портам автоматически выбирать наиболее эффективный режим работы: дуплексный или полудуплексный 10 или 100 Мб/с.

Физический уровень

Стандарт Fast Ethernet определяет три типа среды передачи сигналов Ethernet со скоростью 100 Мбит/с.

- 100Base-TX — две витые пары проводов. Передача осуществляется в соответствии со стандартом передачи данных в витой физической среде, разработанным ANSI (American National Standards Institute — Американский национальный институт стандартов). Витой кабель для передачи данных может быть экранированным, либо неэкранированным. Использует алгоритм кодирования данных 4B/5B и метод физического кодирования MLT-3.
- 100Base-FX — две жилы, волоконно-оптического кабеля. Передача также осуществляется в соответствии со стандартом передачи данных в волоконно-оптической среде, которой разработан ANSI. Использует алгоритм кодирования данных 4B/5B и метод физического кодирования NRZI.

Спецификации 100Base-TX и 100Base-FX известны также как 100Base-X

- 100Base-T4 — это особая спецификация, разработанная комитетом IEEE 802.3u . Согласно этой спецификации, передача данных осуществляется по четырем витым парам телефонного кабеля, который называют кабелем UTP категории 3. Использует алгоритм кодирования данных 8B/6T и метод физического кодирования NRZI.

Дополнительно стандарт Fast Ethernet включает рекомендации по использованию кабеля экранированной витой пары категории 1, который является стандартным кабелем, традиционно используемым в сетях Token Ring. Организация поддержки и рекомендации по использованию кабеля STP в сети Fast Ethernet предоставляют способ перехода на Fast Ethernet для покупателей, имеющих кабельную разводку STP.

Спецификация Fast Ethernet включает также механизм автосогласования, позволяющий порту узла автоматически настраиваться на скорость передачи данных — 10 или 100 Мбит/с. Этот механизм основан на обмене рядом пакетов с портом концентратора или переключателя.

Среда 100Base-TX

В качестве среды передачи 100Base-TX применяются две витые пары, причем одна пара используется для передачи данных, а вторая — для их приема. Поскольку спецификация ANSI TP -

PMD содержит описания как экранированных, так и неэкранированных витых пар, то спецификация 100Base-TX включает поддержку как неэкранированных, так и экранированных витых пар типа 1 и 7.

Разъем MDI (Medium Dependent Interface)

Интерфейс канала 100Base-TX, зависящий от среды, может быть одного из двух типов. Для кабеля на неэкранированных витых парах в качестве разъема MDI следует использовать восьмиконтактный разъем RJ 45 категории 5. Этот же разъем применяется и в сети 10Base-T, что обеспечивает обратную совместимость с существующими кабельными разводками категории 5. Для экранированных витых пар в качестве разъема MDI необходимо использовать разъем STP IBM типа 1, который является экранированным разъемом DB9. Такой разъем обычно применяется в сетях Token Ring.

Кабель UTP категории 5(e)*

В интерфейсе среды UTP 100Base-TX применяются две пары проводов. Для минимизации перекрестных наводок и возможного искажения сигнала оставшиеся четыре провода не должны использоваться с целью передачи каких-либо сигналов. Сигналы передачи и приема для каждой пары являются поляризованными, причем один провод передает положительный (+), а второй — отрицательный (-) сигнал. Цветовая маркировка проводов кабеля и номера контактов разъема для сети 100Base-TX приведены в табл. 1. Хотя уровень PHY 100Base-TX разрабатывался после принятия стандарта ANSI TP-PMD, однако номера контактов разъема RJ 45 были изменены для согласования со схемой разводки, уже использующейся в стандарте 10Base-T. В стандарте ANSI TP-PMD контакты 7 и 9 применяются для приема данных, в то время как в стандартах 100Base-TX и 10Base-T для этого предназначены контакты 3 и 6. Такая разводка обеспечивает возможность использования адаптеров 100Base-TX вместо адаптеров 10 Base - T и их подключения к тем же кабелям категории 5 без изменений разводки. В разьеме RJ 45 используемые пары проводов подключаются к контактам 1, 2 и 3, 6. Для правильного подключения проводов следует руководствоваться их цветовой маркировкой.

Таблица 1. Назначение контактов разъема MDI кабеля UTP 100Base-TX

Номер контакта	Название сигнала	Цвет провода
1	Передача +	Белый/оранжевый
2	Передача -	Оранжевый
3	Прием +	Белый/зеленый
4	Не используется	Синий
5	Не используется	Белый/синий
6	Прием -	Зеленый
7	Не используется	
8	Не используется	

* - Категория 5e была разработана позднее для Gigabit Ethernet (IEEE 802.ab) и отвечает всем требованиям категории 5, что делает первую пригодной для Fast Ethernet.

Кабель STP типа 1

Стандарт 100Base-TX также поддерживает кабель на экранированных витых парах с полным сопротивлением 150 Ом. Этот кабель распространен не так широко, как кабель на неэкранированных витых парах, и обычно имеется в зданиях, оборудованных сетью Token Ring. Кабели на экранированных витых парах прокладываются согласно спецификации ANSI TP-PMD для кабеля на экранированных витых парах и используют для них девятиконтактный разъем типа D. В разьеме DB-9 применяются контакты 1, 2 и 5, 9. Если плата NIC не имеет разъема DB-9, то к концам кабеля STP необходимо подключить штекер RJ 45 категории 5 (табл. 2).

Таблица 2. Назначение контактов разъема MDI кабеля STP 100Base-TX

Номер контакта	Название сигнала	Цвет провода
1	Прием +	Оранжевый
2	Не используется	
3	Не используется	
4	Не используется	
5	Передача +	Красный
6	Прием -	Черный
7	Не используется	
8	Не используется	
9	Передача -	Зеленый
10	Земля	Оболочка кабеля

Среда 100Base-FX

В сетях стандарта 100Base-FX используется волоконно-оптический, длиной сегмента до 412 метров. Стандарт определяет, что в кабеле имеются две жилы многомодового волокна — одна для передачи, а другая для приема данных. Если NIC рабочей станции функционирует в полнодуплексном режиме, то длина кабеля может составить до 2000 метров. Волоконно-оптические кабели бывают двух категорий: многомодовые и одномодовые.

Многомодовый кабель

В волоконно-оптическом кабеле этого типа используется волокно с сердцевинной диаметром 50, либо 62,5 микрометра и внешней оболочкой толщиной 125 микрометров. Такой кабель называется многомодовым оптическим кабелем с волокнами 50/125 (62,5/125) микрометров. Для передачи светового сигнала по многомодовому кабелю применяется светодиодный приемопередатчик с длиной волны 850 (820) нанометров. Если многомодовый кабель соединяет два порта переключателей, работающих в полнодуплексном режиме, то он может иметь длину до 2000 метров.

Одномодовый кабель

Одномодовый волоконно-оптический кабель имеет меньший, чем у многомодового, диаметр сердцевины - 10 микрометра, и для передачи по одномодовому кабелю используется лазерный приемопередатчик, что в совокупности обеспечивает эффективную передачу на большие дистанции. Длина волны передаваемого светового сигнала близка к диаметру сердцевины, который равен 1300 нанометрам. Это число известно как длина волны нулевой дисперсии. В одномодовом кабеле дисперсия и потери сигнала очень незначительны, что позволяет передавать световые сигналы на большие расстояния, нежели в случае применения многомодового волокна.

Разъем MDI

Для подключения волоконно-оптического кабеля на данный момент созданы разъемы следующих типов:

- MIC (Media Interface) используется в сетях FDDI. Для того чтобы обеспечить правильное подключение кабелей FDDI, разъемы помечаются буквами A, B, M и S. Буква обозначает, куда подключать штекер: к узлу или к определенному порту концентратора FDDI. Если в качестве разъема MDI 100Base-FX используется MIC FDDI, то спецификация IEEE требует, чтобы этот разъем был маркирован буквой M;
- ST;
- SC – дуплексный разъем, единственный рекомендованный комитетом IEEE для употребления в сети 100Base-FX Fast Ethernet;
- MT-RJ;

Среда 100Base-T4

100Base-T4 является единственным полностью новым стандартом уровня РНУ в рамках стандарта 100Base-T, поскольку 100Base-TX и 100Base-FX были разработаны с использованием стандартов ANSI FDDI. Стандарт 100Base-T4 предназначался для организаций, у которых уже проложены кабели UTP категории 3 или 4. Спецификация 100Base-T4 поощряет использование кабелей категории 5 везде, где это возможно. Если в стенах здания проложены кабели UTP категории 3 или 4, то дополнительное использование кабелей категории 5 позволяет улучшить качество сигнала.

Разъем MDI

В сетях 100Base-T4 применяется неэкранированная витая пара категорий 3, 4 или 5. Используются четыре пары проводов, а это означает, что задействованы все восемь контактов разъема RJ45. Одна из четырех пар служит для передачи данных, другая — для приема, а две оставшиеся — для двунаправленной передачи данных. Три из четырех пар используются для одновременной передачи данных, а четвертая — для обнаружения коллизий. Один провод каждой пары передает положительный (+) сигнал, а другой — отрицательный (-) сигнал. Кабель 100Base-T4 не допускает работу в полнодуплексном режиме. Необходимо правильно подключить провода к контактам разъемов и не расплетать пары проводов.

Таблица 3. Назначение контактов разъема MDI кабеля UTP 100Base-T4

Номер контакта	Название сигнала	Цвет провода
1	TX D1 +	Белый/оранжевый
2	TX D1 -	Оранжевый
3	RX D2 +	Белый/зеленый
4	BI D3 +	Синий
5	BI D3 -	Белый/синий
6	RX D2-	Зеленый
7	BI D4 +	Белый/коричневый
8	BI D4 -	Коричневый

Ограничения длины кабеля

В сетях 100Base-TX уровень сигнала не так важен по сравнению со временем распространения сигналов. Механизм CSMA/CD в сети Fast Ethernet работает так же, как в сети Ethernet 10 Мбит/с, и пакеты имеют аналогичный размер, но их скорость распространения через среду передачи в десять раз выше. Из-за того, что механизм детектирования коллизий остался тем же, системы все еще должны выявлять возникновение коллизии прежде, чем истечет время состязания (то есть прежде, чем будут переданы 512 байт данных). Таким образом, поскольку трафик распространяется быстрее, временной зазор уменьшается, и максимальная длина сети также должна быть сокращена, чтобы выявление коллизий происходило безошибочно. По этой причине предельная общая длина сети 100Base-TX примерно составляет 210 м. Это значение необходимо соблюдать намного более жестко, чем максимум в 500 м для сети 10Base-T.

Когда планируется сеть, необходимо учитывать тот факт, что требование стандарта Fast Ethernet к максимальной длине сегмента кабеля в 100 м включает в себя всю длину кабеля, соединяющего компьютер с концентратором. Если кабельная разводка внутренняя и заканчивается на стороне компьютера настенной розеткой, а на стороне концентратора — коммутационной панелью, то в длину сегмента необходимо включить коммутационные кабели, соединяющие компьютер с розеткой и коммутационную панель с концентратором. Спецификация рекомендует брать максимальную длину для сегмента кабеля внутренней разводки, равной 90 м, оставляя 10 м для коммутационных кабелей.

Конфигурации концентраторов

Так как предельно допустимая длина для сегмента 100Base-TX составляет те же 100 м, что и для 10Base-T, ограничения на общую длину сети сказываются на конфигурации ретранслирующих концентраторов, используемых для соединения сегментов. Стандарт Fast Ethernet описывает два типа концентраторов для сетей 100Base-TX: класс I и класс II. Каждый концентратор Fast Ethernet должен иметь римскую цифру I или II, идентифицирующую его класс.

Концентраторы класса I предназначены для поддержки сегментов кабеля с различными типами передачи сигналов. 100Base-TX и 100Base-FX используют один и тот же тип передачи сигналов, в то время как 100Base-T4 — отличный от него (поскольку присутствуют две двунаправленные пары). Концентратор класса I содержит схему, которая переводит входящие сигналы 100Base-TX, 100Base-FX и 100Base-T4 в общий цифровой формат, а затем снова осуществляет конверсию в сигнал, соответствующий выходному порту концентратора. Указанные преобразования приводят к тому, что концентратор класса I вносит сравнительно большую задержку времени, и поэтому на пути между двумя любыми узлами в сети не должно быть больше одного концентратора этого класса.

Концентраторы класса II могут поддерживать сегменты кабеля только с одинаковыми средами передачи сигналов. Так как преобразований не производится, концентратор немедленно передает входящие данные на выходные порты. Из-за того, что временная задержка короче, между двумя любыми узлами в сети может быть установлено до двух концентраторов класса II, но при этом все сегменты должны использовать идентичную среду передачи сигналов. Это означает, что концентратор класса II может поддерживать либо 100Base-TX и 100Base-FX одновременно, либо отдельно 100Base-T4.

Дополнительные ограничения длины сегментов также основываются на сочетании используемых в сети сегментов кабеля и концентраторов. Чем сложнее становится конфигурация сети, тем меньше должен быть максимальный размер области коллизий. Эти ограничения собраны в табл. 4.

Таблица 4. Нормативы для многосегментной конфигурации Fast Ethernet

	Один концентратор класса I	Один концентратор класса II	Два концентратора класса II
Все сегменты медные (100Base-TX)	200 метров	200 метров	205 метров

или 100Base-T4)			
Все сегменты оптоволоконные (100Base-FX)	272 метра	320 метров	228 метров
Один сегмент 100Base-T4 и один сегмент 100Base-FX	231 метр	Не применяется	Не применяется
Один сегмент 100BaseTX и один сегмент 100Base-FX	260,8 метра	308,8 метра	216,2 метра

Следует помнить, что в сетевой конфигурации, содержащей два концентратора класса II, самое длинное соединение между двумя узлами в действительности включает три кабеля: два кабеля для присоединения узлов к соответствующим им концентраторам и один кабель для соединения двух концентраторов между собой. Например, стандарт предполагает, что дополнительные 5 м, учтенные в ограничении длины для всех медных сетей, будут выбраны при соединении двух концентраторов (рис. 8.13). Однако на практике три кабеля могут быть любой длины, но их общая длина не должна превышать 205 м.

Преодоление ограничений топологии

Одним из наиболее часто критикуемых ограничений Fast Ethernet является диаметр сети, который не должен превышать 205 метров. Такое ограничение затрудняет прямую замену некоторых сетей Ethernet на Fast Ethernet. Поставщики других технологий, в частности Token Ring, 100 VG AnyLAN и FDDI, подчеркивают, что их технологии могут поддерживать сети гораздо большего диаметра. Это действительно так и первоначально ограничивало применение Fast Ethernet сетями рабочих групп и подразделений. Тем не менее такое ограничение топологии может быть легко преодолено путем использования переключателей и полнодуплексных волоконно-оптических связей.

Способом преодоления ограничений топологии является разбиение единой области коллизий на несколько при помощи переключателя. Диаметр сети Fast Ethernet, использующей медный кабель и повторитель Класса I, не может превысить 200 метров. Если мы добавим к этой сети единственный переключатель и установим повторители на различные порты, то максимальный диаметр полной переключаемой ЛВС возрастет до 400 метров.

Реальное преимущество сети с переключателями проявляется тогда, когда несколько переключателей соединяются полнодуплексным волоконно-оптическим кабелем, длина которого может достигать 2000 метров (в случае применения многомодового кабеля. При применении одномодового кабеля расстояния достигают десятков километров и зависят от типа используемого оборудования). Этот прием прекрасно подходит для опорной сети.

Взаимодействие узлов сети

Узлы взаимодействуют друг с другом путем обмена кадрами (frames). В Fast Ethernet кадр является базовой единицей обмена по сети — любая информация, передаваемая между узлами, помещается в поле данных одного или нескольких кадров. Пересылка кадров от одного узла к другому возможна лишь при наличии способа однозначной идентификации всех узлов сети. Поэтому каждый узел в ЛВС имеет адрес, который называется его MAC-адресом. Этот адрес уникален: никакие два узла локальной сети не могут иметь один и тот же MAC-адрес. Более того, ни в одной из технологий ЛВС (за исключением ARCNet) никакие два узла в мире не могут иметь одинаковый MAC-адрес. Любой кадр содержит, по крайней мере, три основные порции информации: адрес получателя, адрес отправителя и данные. Некоторые кадры имеют и другие поля, но обязательными являются лишь три перечисленные. На рисунке 4 отражена структура кадра Fast Ethernet.

Адрес получателя	Адрес отправителя	Длина / Тип	Данные	Контрольная сумма кадра
6 байтов	6 байтов	2 байта	от 46 до 1500 байтов	4 байта

Рисунок 4. Структура кадра Fast Ethernet

- **адрес получателя** — указывается адрес узла, получающего данные;
- **адрес отправителя** — указывается адрес узла, пославшего данные;
- **длина/Тип (L/T - Length/Type)** — содержится информация о типе передаваемых данных;
- **контрольная сумма кадра (PCS — Frame Check Sequence)** — предназначена для проверки корректности полученного принимающим узлом кадра.

Минимальный объем кадра составляет 64 октета, или 512 битов (термины *октет* и *байт* — синонимы). Максимальный объем кадра равен 1518 октетам, или 12144 битам.

Адресация кадров

Каждый узел в сети Fast Ethernet имеет уникальный номер, который называется MAC-адресом (MAC address) или адресом узла. Этот номер состоит из 48 битов (6 байтов), присваивается сетевому интерфейсу во время изготовления устройства и программируется в процессе инициализации. Поэтому сетевые интерфейсы всех ЛВС, за исключением ARCNet, которая использует 8-битовые адреса, присваиваемые сетевым администратором, имеют встроенный уникальный MAC-адрес, отличающийся от всех остальных MAC-адресов на Земле и присваиваемый производителем по согласованию с IEEE.

Чтобы облегчить процесс управления сетевыми интерфейсами, IEEE было предложено разделить 48-битовое поле адреса на четыре части, как показано на рисунке 5. Первые два бита адреса (биты 0 и 1) являются флажками типа адреса. Значение флажков определяет способ интерпретации адресной части (биты 2 - 47).

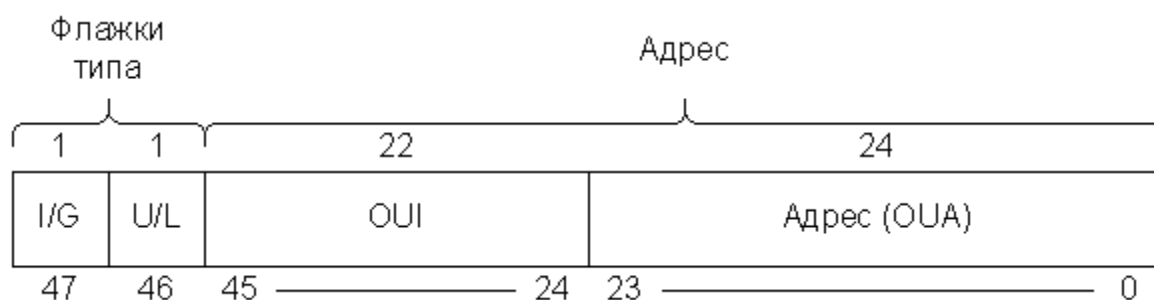


Рисунок 5. Формат MAC-адреса

Бит I/G называется **флажком индивидуального/группового адреса** и показывает, каким (индивидуальным или групповым) является адрес. Индивидуальный адрес присваивается только одному интерфейсу (или узлу) в сети. Адреса, у которых бит I/G установлен в 0 — это **MAC-адреса** или **адреса узла**. Если бит I/O установлен в 1, то адрес относится к групповым и обычно называется **многопунктовым адресом** (multicast address) или **функциональным адресом** (functional address). Групповой адрес может быть присвоен одному или нескольким сетевым интерфейсам ЛВС. Кадры, посланные по групповому адресу, получают или копируют все обладающие им сетевые интерфейсы ЛВС. Многопунктовые адреса позволяют послать кадр подмножеству узлов локальной сети. Если бит I/O установлен в 1, то биты от 46 до 0 трактуются как многопунктовый адрес, а не как поля U/ L, OUI и OUA обычного адреса. Бит U/L называется **флажком универсального/местного управления**

и определяет, как был присвоен адрес сетевому интерфейсу. Если оба бита, I/O и U/L, установлены в 0, то адрес является уникальным 48-битовым идентификатором, описанным ранее.

OUI (organizationally unique identifier — **организационно уникальный идентификатор**). IEEE присваивает один или несколько OUI каждому производителю сетевых адаптеров и интерфейсов. Каждый производитель отвечает за правильность присвоения OUA (organizationally unique address — **организационно уникальный адрес**), который должно иметь любое созданное им устройство.

При установке бита U/L адрес является локально управляемым. Это означает, что он задается не производителем сетевого интерфейса. Любая организация может создать свой MAC-адрес сетевого интерфейса путем установки бита U/L в 1, а битов со 2-го по 47-й в какое-нибудь выбранное значение. Сетевой интерфейс, получив кадр, первым делом декодирует адрес получателя. При установлении в адресе бита I/O уровень MAC получит этот кадр лишь в том случае, если адрес получателя находится в списке, который хранится на узле. Этот прием позволяет одному узлу отправить кадр многим узлам.

Существует специальный многопунктовый адрес, называемый **широковещательным адресом**. В 48-битовом широковещательном IEEE-адресе все биты установлены в 1. Если кадр передается с широковещательным адресом получателя, то все узлы сети получают и обработают его.

Поле Длина/Тип

Поле L/T (Length/Type — Длина/Тип) применяется в двух различных целях:

- для определения длины поля данных кадра, исключая любое дополнение пробелами;
- для обозначения типа данных в поле данных.

Значение поля L/T, находящееся в интервале между 0 и 1500, является длиной поля данных кадра; более высокое значение указывает на тип протокола.

Вообще поле L/T является историческим осадком стандартизации Ethernet в IEEE, породившим ряд проблем с совместимостью оборудования выпущенного до 1983. Сейчас Ethernet и Fast Ethernet никогда не использует поля L/T. Указанное поле служит лишь для согласования с программным обеспечением, обрабатывающим кадры (то есть с протоколами). Но единственным подлинно стандартным предназначением поля L/T является использование его в качестве поля длины — в спецификации 802.3 даже не упоминается о возможном его применении как поля типа данных. Стандарт гласит: "Кадры со значением поля длины, превышающим определенное в пункте 4.4.2, могут быть проигнорированы, отброшены или использованы частным образом. Использование данных кадров выходит за пределы этого стандарта".

Подводя итог сказанному, заметим, что поле L/T является первичным механизмом, по которому определяется **тип кадра**. Кадры Fast Ethernet и Ethernet, в которых значением поля L/T задается длина (значение L/T < 1500), называются кадрами **802.3**, кадры, в которых значением этого же поля устанавливается тип данных (значение L/T > 1500), называются кадрами **Ethernet-II** или **DIX**.

Поле данных

В поле данных содержится информация, которую один узел пересылает другому. В отличие от других полей, хранящих весьма специфические сведения, поле данных может содержать почти любую информацию, лишь бы ее объем составлял не менее 46 и не более 1500 байтов. Как форматируется и интерпретируется содержимое поля данных, определяют протоколы.

Если необходимо переслать данные длиной менее 46 байтов, уровень LLC добавляет в их конец байты с неизвестным значением, называемые **незначащими данными** (pad data). В результате длина поля становится равной 46 байтам.

Если кадр имеет тип 802.3, то в поле L/T указывается значение объема действительных данных. Например, если пересылается 12-байтовое сообщение, то поле L/T хранит значение 12, а в поле данных находятся и 34 добавочных незначащих байта. Добавление незначащих байтов иницирует уровень LLC Fast Ethernet, и обычно реализуется аппаратно.

Средства уровня MAC не задают содержимое поля L/T — это делает программное обеспечение. Установка значения этого поля почти всегда производится драйвером сетевого интерфейса.

Контрольная сумма кадра

Контрольная сумма кадра (PCS — Frame Check Sequence) позволяет убедиться в том, что полученные кадры не повреждены. При формировании передаваемого кадра на уровне MAC используется специальная математическая формула CRC (Cyclic Redundancy Check — циклический избыточный код), предназначенная для вычисления 32-разрядного значения. Полученное значение помещается в поле FCS кадра. На вход элемента уровня MAC, вычисляющего CRC, подаются значения всех байтов кадра. Поле FCS является первичным и наиболее важным механизмом обнаружения и исправления ошибок в Fast Ethernet. Начиная с первого байта адреса получателя и заканчивая последним байтом поля данных.

Приложение А

Значения полей DSAP и SSAP

Значения DSAP/SSAP			Описание
00000000	00000000	0	Null LSAP
01000000	00000010	2	Indiv LLC Sublayer Mgt
11000000	00000011	3	Group LLC Sublayer Mgt
00100000	00000100	4	SNA Path Control
01100000	00000110	6	Reserved (DOD IP)
01110000	00001110	14	PROWAY-LAN
01110010	01001110	78	EIA-RS 511
01111010	01011110	94	ISI IP
01110001	10001110	142	PROWAY-LAN
01010101	10101010	170	SNAP
00000111	11100000	208	IPX (Nowell)
01111111	11111110	254	ISO CLNS IS 8473
11111111	11111111	255	Global DSAP

Поле управления

По значениям префиксных битов выделяют три формата поля контроля:

- Информационный формат начинается с бита со значением 0.

- Управляющий формат имеет двухбитовый префикс со значением 1 и 0.
- Ненумерованный формат начинается с двух битов со значением 1.

Остальные биты более конкретно указывают на функции PDU. При более сложном обмене данными, включающем сервис на основе установления соединения, ненумерованные кадры содержат команды, которые позволяют установить соединение с другой системой и разорвать его по окончании передачи данных. Команды, передаваемые в ненумерованных кадрах, имеют нижеприведенные наименования.

- **UI (Unnumbered Information, передача данных).** Используется сервисом без установления соединения и подтверждения для отправки кадров данных.
- **XID (Exchange Identification, идентификация).** Вырабатывается сервисами с установлением соединения и без такового в качестве, как команды, так и ответа.
- **TEST (диагностика).** Применяется как команда и как ответ при выполнении теста методом петлевого контроля (loopback test) LLC.
- **FRMR (Frame Reject, отклонение кадра).** Выдается как ответ в случае возникновения сбоев в работе протокола.
- **SABME (Set Asynchronous Balanced Mode Extended, запрос на соединение).** Посылается как запрос на установление соединения.
- **UA (Unnumbered Acknowledgment, подтверждение).** Является положительным ответом на сообщение SABME.
- **DM (Disconnect Mode, задержка соединения и разъединения).** Возвращается как отрицательный ответ на сообщение SABME.
- **DISC (Disconnect, разъединение).** Передается как запрос на завершение соединения. В качестве ответа ожидается либо UA, либо DM.

Информационные кадры содержат действительные данные, передаваемые как во время сеансов с установлением соединения, так и сессий без установления соединения с подтверждениями, а также сообщения подтверждения приема, возвращаемые принимающей системой. Только два типа сообщений передаются в информационных кадрах: N(S) и N(R) для отправленных и полученных сообщений соответственно. Обе системы отслеживают последовательность номеров пакетов, которыми они обмениваются. Сообщение N(S) информирует получателя о том, какое количество пакетов из последовательности было уже отправлено, а сообщение N(R) позволяет отправителю иметь информацию о том, какой из пакетов ожидается для приема.

Управляющие кадры используются только сервисами с установлением соединения. Они обеспечивают обслуживание соединения, выраженное в форме сервисов управления потоком данных и коррекции ошибок. Соответствующие управляющие сообщения имеют ниже перечисленные типы.

- **RR (Receiver Ready, готовность приемника).** Используется для информирования отправителя о том, что соединение действующее, и получатель готов к приему следующего кадра.
- **RNR (Receiver Not Ready, приемник не готов).** Требует от отправителя не передавать пакеты до тех пор, пока получатель не отправит сообщение RR. 1
- **REJ (Frame Reject, данные отброшены).** Сообщает передающей системе об ошибке и требует повторной передачи всех кадров, отправленных поj еле определенного момента.

Алгоритм 4B/5B

Выполняет преобразование 4 Bit-to-5 Bit. Полученная избыточность кода позволяет использовать специальные комбинации для управления потоком и проверки подлинности принятой комбинации. Однако применение такого кода увеличивает частоту передаваемого сигнала до 125 МГц.

Таблица комбинации управления потоком

Комбинация	Символьное значение	Назначение
1100010001	JK	Ограничитель начала потока
0110100111	TR	Ограничитель завершения потока
11111	Idle	Заполнитель между потоками

Таблица кодировки символов

Линейный код	Символ
11110	0
01001	1
10100	2
10101	3
01010	4
01011	5
01110	6
01111	7
10010	8
10011	9
10110	A
10111	B
11010	C
11011	D
11100	E
11101	F

Принятые комбинации несоответствующие вышеописанным считаются ошибочными.

Алгоритм 8В/6Т

Алгоритм кодирования 8В6Т преобразует восьмибитовый октет данных (8В) в шестибитовый тернарный символ (6Т). Кодовые группы 6Т предназначены для передачи параллельно по трем витым парам кабеля, поэтому эффективная скорость передачи данных по каждой витой паре составляет одну треть от 100 Мбит/с, то есть 33,33 Мбит/с. Скорость передачи тернарных символов по каждой витой паре составляет 6/8 от 33,3 Мбит/с, что соответствует тактовой частоте 25 МГц. Именно с такой частотой работает таймер интерфейса МП. В отличие от бинарных сигналов, которые имеют два уровня, тернарные сигналы, передаваемые по каждой паре, могут иметь три уровня.

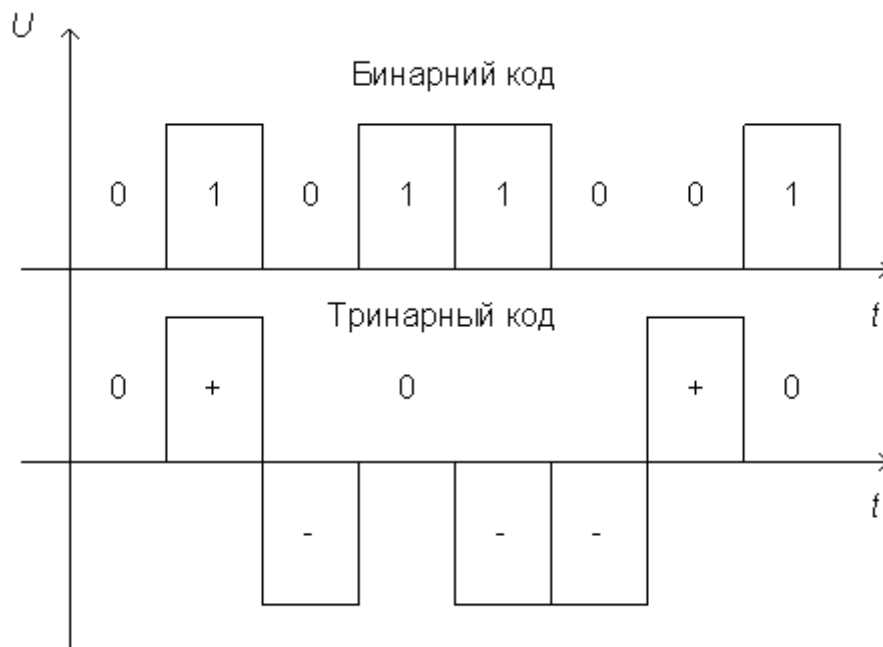


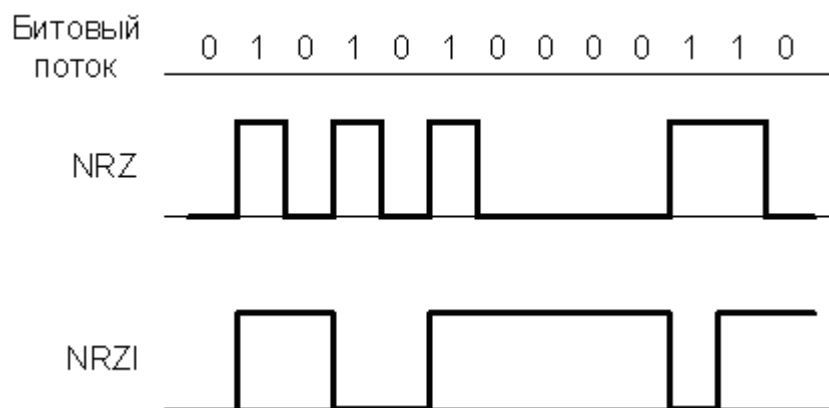
Таблица кодировки символов

Линейный код	Символ
-+00-+	0
0-+-+0	1
0-+0-+	2
0-++0-	3
-+0+0-	4
+0--+0	5
+0-0-+	6
+0-+0-	7
-+00+-	8
0-+++0	9
0-+0+-	A
0-+-0+	B
-+0-0+	C
+0-+-0	D
+0-0+-	E
+0 -- 0+	F

Метод кодирования NRZI

NRZI – Non Return to Zero Invertive (инверсное кодирование без возврата к нулю) Этот метод является модифицированным методом Non Return to Zero (NRZ), где для представления 1 и 0

используются потенциалы двух уровней. В коде NRZ I также используется 2 потенциала, но его текущее значение зависит от предыдущего. Если текущее значение бита "1", то полученный потенциал должен быть инверсией от предыдущего, если значение бита "0" – такой же.

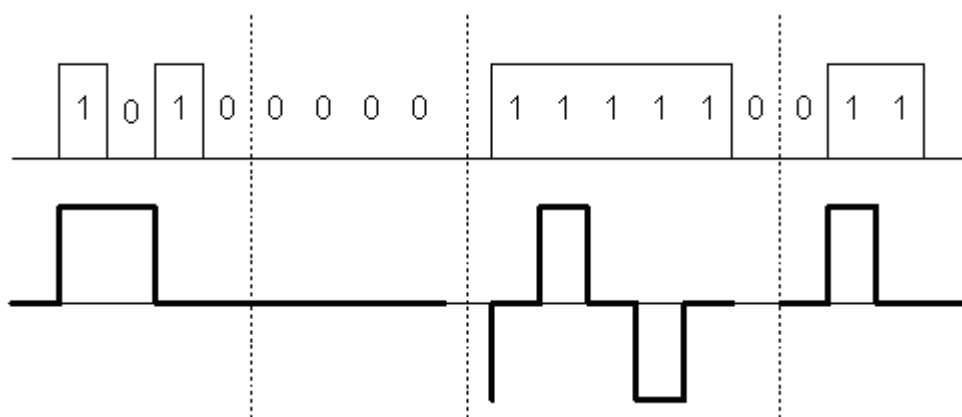


Поскольку код незащищен от долгих последовательностей "нулей" или "единиц", то это может привести к проблемам синхронизации. Поэтому перед передачей, заданную последовательность битов рекомендуется предварительно закодировать кодом предусматривающим скремблирование (скремблер предназначен для придания свойств случайности передаваемой последовательности данных с целью облегчения выделения тактовой частоты приемником).

Метод кодирования MLT-3

MLT-3 Multi Level Transmission – 3 (многоуровневая передача) - немного схож с кодом NRZ, но в отличие от последнего имеет три уровня сигнала.

Единице соответствует переход с одного уровня сигнала на другой, причем изменение уровня сигнала происходит последовательно с учетом предыдущего перехода. При передаче "нуля" сигнал не меняется.



Этот код, так же как и NRZ нуждается в предварительном кодировании.

Составлено по материалам:

1. Лаем Куин, Ричард Рассел "Fast Ethernet";
2. К. Заклер "Компьютерные сети";
3. В.Г. и Н.А. Олифер "Компьютерные сети";