

Александр Александрович Олейников

Компьютерные и телекоммуникационные сети

Лекция 1.3.6. Технология Gigabit Ethernet.

Астрахань, 2018

Хронология разработки стандарта

В марте 1996 года комитет IEEE 802.3 одобряет проект стандартизации Gigabit Ethernet 802.3z. В мае 1996 года 11 компаний (3Com Corp., Bay Networks Inc., Cisco Systems Inc., Compaq Computer Corp., Granite Systems Inc., Intel Corporation, LSI Logic, Packet Engines Inc., Sun Microsystems Computer Company, UB Networks и VLSI Technology) организуют Gigabit Ethernet Alliance.

Альянс, объединяя усилия большого числа ведущих производителей сетевого оборудования на пути выработки единого стандарта и выпуска взаимосовместимых продуктов Gigabit Ethernet, преследует следующие цели:

- ▶ - поддержка расширения технологий Ethernet и Fast Ethernet в ответ на потребность в более высокой скорости передачи;
- ▶ - разработка технических предложений с целью включения в стандарт;
- ▶ - выработка процедур и методов тестирования продуктов от различных поставщиков.

- ▶ К началу 1998 года Альянс насчитывает уже более 100 компаний. Через Альянс обеспечивается обратная связь между техническим комитетом по стандартизации IEEE 802.3 и индустриальными производителями сетевого оборудования. Альянс увеличивает эффективность работы комитета и способствует более быстрому одобрению спецификаций стандартов Gigabit Ethernet IEEE 802.3z и IEEE 802.3ab. Наибольшие трудности вызывает физический уровень, а именно адаптация многомодового волокна и витой пары.
- ▶ 29 июня 1998 г. с задержкой примерно на полгода от первоначально запланированного графика, вызванной доработкой стандарта по отношению к использованию многомодового волокна (аномалия, получившая название DMD), принимается стандарт IEEE 802.3z (был одобрен в качестве стандарта пятый драфт 802.3z/D5). Соответствующие спецификации регламентируют использование одномодового, многомодового волокна, а также витой пары UTP cat.5 на короткие расстояния (до 25 м).

- ▶ Стандартизация системы передачи Gigabit Ethernet по неэкранированной витой паре на расстояния до 100 м требовала разработки специального помехоустойчивого кода, для чего создается отдельный подкомитет P802.3ab. 28 июня 1999 г. принимается соответствующий стандарт (единогласно одобряется шестой драфт 802.3ab/D6).
- ▶ Основная идея разработчиков стандарта Gigabit Ethernet состоит в максимальном сохранении идей классической технологии Ethernet при достижении битовой скорости в 1000 Мбит/с.

Так как при разработке новой технологии естественно ожидать некоторых технических новинок, идущих в общем русле развития сетевых технологий, то важно отметить, что Gigabit Ethernet, так же как и его менее скоростные собратья, на уровне протокола не будет поддерживать:

- ▶ качество обслуживания;
- ▶ избыточные связи;
- ▶ тестирование работоспособности узлов и оборудования (в последнем случае - за исключением тестирования связи порт - порт, как это делается для Ethernet 10Base-T и 10Base-F и Fast Ethernet).

- ▶ Главная идея разработчиков технологии Gigabit Ethernet состоит в том, что существует, и будет существовать весьма много сетей, в которых высокая скорость магистрали и возможность назначения пакетам приоритетов в коммутаторах будут вполне достаточны для обеспечения качества транспортного обслуживания всех клиентов сети. И только в тех редких случаях, когда и магистраль достаточно загружена, и требования к качеству обслуживания очень жесткие, нужно применять технологию АТМ, которая действительно за счет высокой технической сложности дает гарантии качества обслуживания для всех основных видов трафика.
- ▶ Избыточные связи и тестирование оборудования не будут поддерживаться технологией Gigabit Ethernet из-за того, что с этими задачами хорошо справляются протоколы более высоких уровней, например Spanning Tree, протоколы маршрутизации и т. п. Поэтому разработчики технологии решили, что нижний уровень просто должен быстро передавать данные, а более сложные и более редко встречающиеся задачи (например, приоритезация трафика) должны передаваться верхним уровням.

Что же общего имеется в технологии Gigabit Ethernet по сравнению с технологиями Ethernet и Fast Ethernet?

- ▶ Сохраняются все форматы кадров Ethernet.
- ▶ По-прежнему будут существовать полудуплексная версия протокола, поддерживающая метод доступа CSMA/CD, и полнодуплексная версия, работающая с коммутаторами. По поводу сохранения полудуплексной версии протокола сомнения были еще у разработчиков Fast Ethernet, так как сложно заставить работать алгоритм CSMA/CD на высоких скоростях. Однако метод доступа остался неизменным в технологии Fast Ethernet, и его решили оставить в новой технологии Gigabit Ethernet. Сохранение недорогого решения для разделяемых сред позволит применить Gigabit Ethernet в небольших рабочих группах, имеющих быстрые серверы и рабочие станции.
- ▶ Поддерживаются все основные виды кабелей, используемых в Ethernet и Fast Ethernet: волоконно-оптический, витая пара категории 5, коаксиал.

Архитектура стандарта Gigabit Ethernet

- ▶ На рис.1 показана структура уровней Gigabit Ethernet. Как и в стандарте Fast Ethernet, в Gigabit Ethernet не существует универсальной схемы кодирования сигнала, которая была бы идеальной для всех физических интерфейсов - так, с одной стороны, для стандартов 1000Base-LX/SX/CX используется кодирование 8B/10B, а с другой стороны, для стандарта 1000Base-T используется специальный расширенный линейный код TX/T2. Функцию кодирования выполняет подуровень кодирования PCS, размещенный ниже среданезависимого интерфейса GMII.

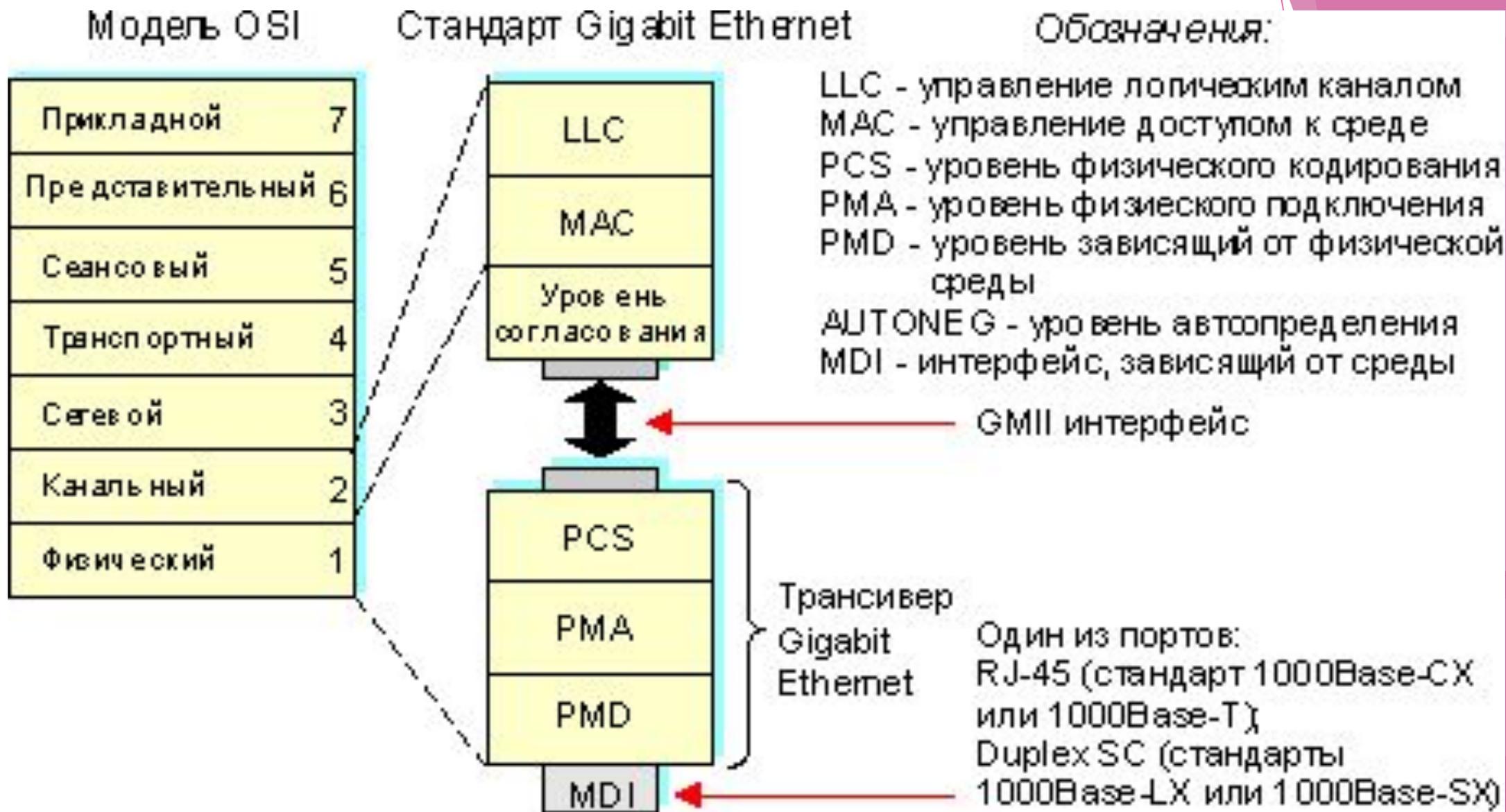


Рисунок 1. Структура уровней стандарта Gigabit Ethernet, GMII интерфейс и трансивер Gigabit Ethernet

GMII интерфейс

- ▶ Среданезависимый интерфейс GMII (gigabit media independent interface) обеспечивает взаимодействие между уровнем MAC и физическим уровнем. GMII интерфейс является расширением интерфейса MII и может поддерживать скорости 10, 100 и 1000 Мбит/с. Он имеет отдельные 8-битные приемник и передатчик, и может поддерживать как полудуплексный, так и дуплексный режимы. Кроме этого, GMII интерфейс несет один сигнал, обеспечивающий синхронизацию (clock signal), и два сигнала состояния линии - первый (в состоянии ON) указывает наличие несущей, а второй (в состоянии ON) говорит об отсутствии коллизий - и еще несколько других сигнальных каналов и питание. Трансиверный модуль, охватывающий физический уровень и обеспечивающий один из физических средазависимых интерфейсов, может подключаться, например, к коммутатору Gigabit Ethernet посредством GMII интерфейса.

Подуровень физического кодирования PCS

- ▶ При подключении интерфейсов группы 1000Base-X, подуровень PCS использует блочное избыточное кодирование 8B10B, заимствованное из стандарта ANSI X3T11 Fibre Channel. Аналогично рассмотренному стандарту FDDI, только на основе более сложной кодовой таблицы каждые 8 входных битов, предназначенных для передачи на удаленный узел, преобразовываются в 10-битные символы (code groups). Кроме этого в выходном последовательном потоке присутствуют специальные контрольные 10-битные символы.

- ▶ Примером контрольных символов могут служить символы, используемые для расширения носителя (дополняют кадр Gigabit Ethernet до его минимально размера 512 байт). При подключении интерфейса 1000Base-T, подуровень PCS осуществляет специальное помехоустойчивое кодирование, для обеспечения передачи по витой паре UTP Cat.5 на расстояние до 100 метров - линейный код TX/T2, разработанный компанией Level One Communications.
- ▶ Два сигнала состояния линии - сигнал наличие несущей и сигнал отсутствие коллизий - генерируются этим подуровнем.

Подуровни PMA и PMD

Физический уровень Gigabit Ethernet использует несколько интерфейсов, включая традиционную витую пару категории 5, а также многомодовое и одномодовое волокно. Подуровень PMA преобразует параллельный поток символов от PCS в последовательный поток, а также выполняет обратное преобразование (распараллеливание) входящего последовательного потока от PMD. Подуровень PMD определяет оптические/электрические характеристики физических сигналов для разных сред. Всего определяются 4 различных типа физических интерфейса среды, которые отражены в спецификация стандарта 802.3z (1000Base-X) и 802.3ab (1000Base-T), рис.2.

- ▶ В стандарте 802.3z определены следующие типы физической среды:
- ▶ одномодовый волоконно-оптический кабель;
- ▶ многомодовый волоконно-оптический кабель 62,5/125;
- ▶ многомодовый волоконно-оптический кабель 50/125;
- ▶ двойной коаксиал с волновым сопротивлением 75 Ом.

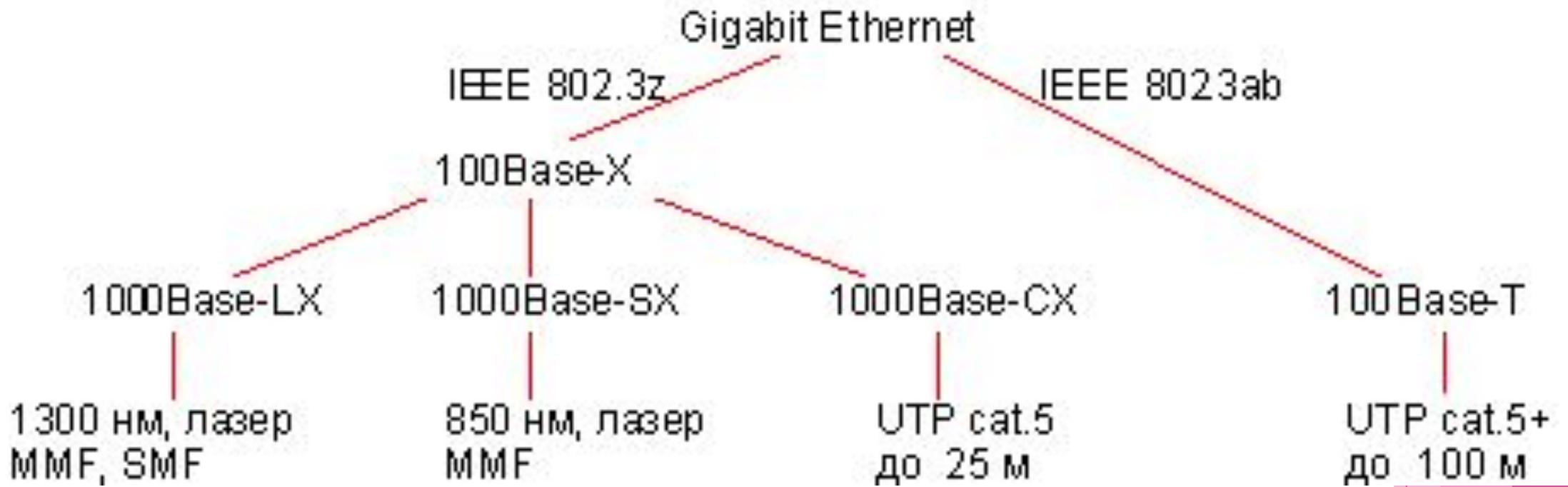


Рисунок 2. Физические интерфейсы стандарта Gigabit Ethernet

Многомодовый кабель

Для передачи данных по традиционному для компьютерных сетей многомодовому волоконно-оптическому кабелю стандарт определяет применение излучателей, работающих на двух длинах волн: 1300 и 850 нм. Применение светодиодов с длиной волны 850 нм объясняется тем, что они намного дешевле, чем светодиоды, работающие на волне 1300 нм, хотя при этом максимальная длина кабеля уменьшается, так как затухание многомодового оптоволокна на волне 850 нм более чем в два раза выше, чем на волне 1300 нм. Однако возможность удешевления чрезвычайно важна для такой в целом дорогой технологии, как Gigabit Ethernet.

- ▶ Для многомодового оптоволокна стандарт 802.3z определил спецификации 1000Base-SX и 1000Base-LX.
- ▶ В первом случае используется длина волны 850 нм (S означает Short Wavelength, короткая волна), а во втором - 1300 нм (L - от Long Wavelength, длинная волна).

- ▶ Для спецификации 1000Base-SX предельная длина оптоволоконного сегмента для кабеля 62,5/125 оставляет 220 м, а для кабеля 50/125 - 500 м. Очевидно, что эти максимальные значения могут достигаться только для полнодуплексной передачи данных, так как время двойного оборота сигнала на двух отрезках 220 м равно 4400 bt, что превосходит предел 4095 bt даже без учета повторителя и сетевых адаптеров. Для полудуплексной передачи максимальные значения сегментов оптоволоконного кабеля всегда должны быть меньше 100 м. Приведенные расстояния в 220 и 500 м рассчитаны для худшего по стандарту случая полосы пропускания многомодового кабеля, находящегося в пределах от 160 до 500 МГц/км. Реальные кабели обычно обладают значительно лучшими характеристиками, находящимися между 600 и 1000 МГц/км. В этом случае можно увеличить длину кабеля до примерно 800 м.

Одномодовый кабель

- ▶ Для спецификации 1000Base-LX в качестве источника излучения всегда применяется полупроводниковый лазер с длиной волны 1300 нм.
- ▶ Основная область применения стандарта 1000Base-LX - это одномодовое оптоволокно. Максимальная длина кабеля для одномодового волокна равна 5000 м.
- ▶ Спецификация 1000Base-LX может работать и на многомодовом кабеле. В этом случае предельное расстояние получается небольшим - 550 м. Это связано с особенностями распространения когерентного света в широком канале многомодового кабеля. Для присоединения лазерного трансивера к многомодовому кабелю необходимо использовать специальный адаптер.

Твинаксиальный кабель

- ▶ В качестве среды передачи данных используется высококачественный твинаксиальный кабель (Twinaх) с волновым сопротивлением 150 Ом (2x75 Ом). Данные посылаются одновременно по паре проводников, каждый из которых окружен экранирующей оплеткой. При этом получается режим полудуплексной передачи. Для обеспечения полнодуплексной передачи необходимы еще две пары коаксиальных проводников. Начал выпускаться специальный кабель, который содержит четыре коаксиальных проводника - так называемый Quad-кабель. Он внешне напоминает кабель категории 5 и имеет близкий к нему внешний диаметр и гибкость. Максимальная длина твинаксиального сегмента составляет всего 25 метров, поэтому это решение подходит для оборудования, расположенного в одной комнате.

Интерфейс 1000Base-X

- ▶ Интерфейс 1000Base-X основывается на стандарте физического уровня Fibre Channel. Fibre Channel - это технология взаимодействия рабочих станций, суперкомпьютеров, устройств хранения и периферийных узлов. Fibre Channel имеет 4-х уровневую архитектуру. Два нижних уровня FC-0 (интерфейсы и среда) и FC-1 (кодирование/декодирование) перенесены в Gigabit Ethernet. Поскольку Fibre Channel является одобренной технологией, то такое перенесение сильно сократило время на разработку оригинального стандарта Gigabit Ethernet.
- ▶ Блочный код 8B/10B аналогичен коду 4B/5B, принятому в стандарте FDDI. Однако код 4B/5B был отвергнут в Fibre Channel, потому что этот код не обеспечивает баланса по постоянному току. Отсутствие баланса потенциально может привести к зависящему от передаваемых данных нагреванию лазерных диодов, поскольку передатчик может передавать больше битов "1" (излучение есть), чем "0" (излучения нет), что может быть причиной дополнительных ошибок при высоких скоростях передачи.

1000Base-X подразделяется на три физических интерфейса, основные характеристики которых приведены ниже.

- ▶ **Интерфейс 1000Base-SX** определяет лазеры с допустимой длиной излучения в пределах диапазона 770-860 нм, мощность излучения передатчика в пределах от -10 до 0 дБм, при отношении ON/OFF (сигнал / нет сигнала) не меньше 9 дБ. Чувствительность приемника -17 дБм, насыщение приемника 0 дБм;
- ▶ **Интерфейс 1000Base-LX** определяет лазеры с допустимой длиной излучения в пределах диапазона 1270-1355 нм, мощность излучения передатчика в пределах от -13,5 до -3 дБм, при отношении ON/OFF (есть сигнал / нет сигнала) не меньше 9 дБ. Чувствительность приемника -19 дБм, насыщение приемника -3 дБм;
- ▶ **1000Base-CX** экранированная витая пара (STP "twinaх") на короткие расстояния

Интерфейс 1000Base-T

- ▶ 1000Base-T - это стандартный интерфейс Gigabit Ethernet передачи по неэкранированной витой паре категории 5 и выше на расстояния до 100 метров. Для передачи используются все четыре пары медного кабеля, скорость передачи по одной паре 250 Мбит/с. Предполагается, что стандарт будет обеспечивать дуплексную передачу, причем данные по каждой паре будут передаваться одновременно сразу в двух направлениях - двойной дуплекс (dual duplex). 1000Base-T. Технически реализовать дуплексную передачу 1 Гбит/с по витой паре UTP cat.5 оказалось довольно сложно, значительно сложнее, чем в стандарте 100Base-TX. Влияние ближних и дальних перекрестных помех от трех соседних витых пар на данную пару в четырехпарном кабеле требует разработки специальной скремблированной помехоустойчивой передачи, и интеллектуального узла распознавания и восстановления сигнала на приеме.

- ▶ Несколько методов кодирования первоначально рассматривались в качестве кандидатов на утверждение в стандарте 1000Base-T, среди которых: 5-уровневое импульсно-амплитудное кодирование PAM-5; квадратурная амплитудная модуляция QAM-25, и др. Ниже приведены кратко идеи PAM-5, окончательно утвержденного в качестве стандарта.
- ▶ В пятиуровневом коде PAM 5 (рис.3) используется 5 уровней амплитуды и двухбитовое кодирование. Для каждой комбинации задается уровень напряжения. При двухбитовом кодировании для передачи информации необходимо четыре уровня (два во второй степени - 00, 01, 10, 11). Передача двух битов одновременно обеспечивает уменьшение в два раза частоты изменения сигнала. Пятый уровень добавлен для создания избыточности кода, используемого для исправления ошибок. Это дает дополнительный резерв соотношения сигнал / шум 6 дБ.

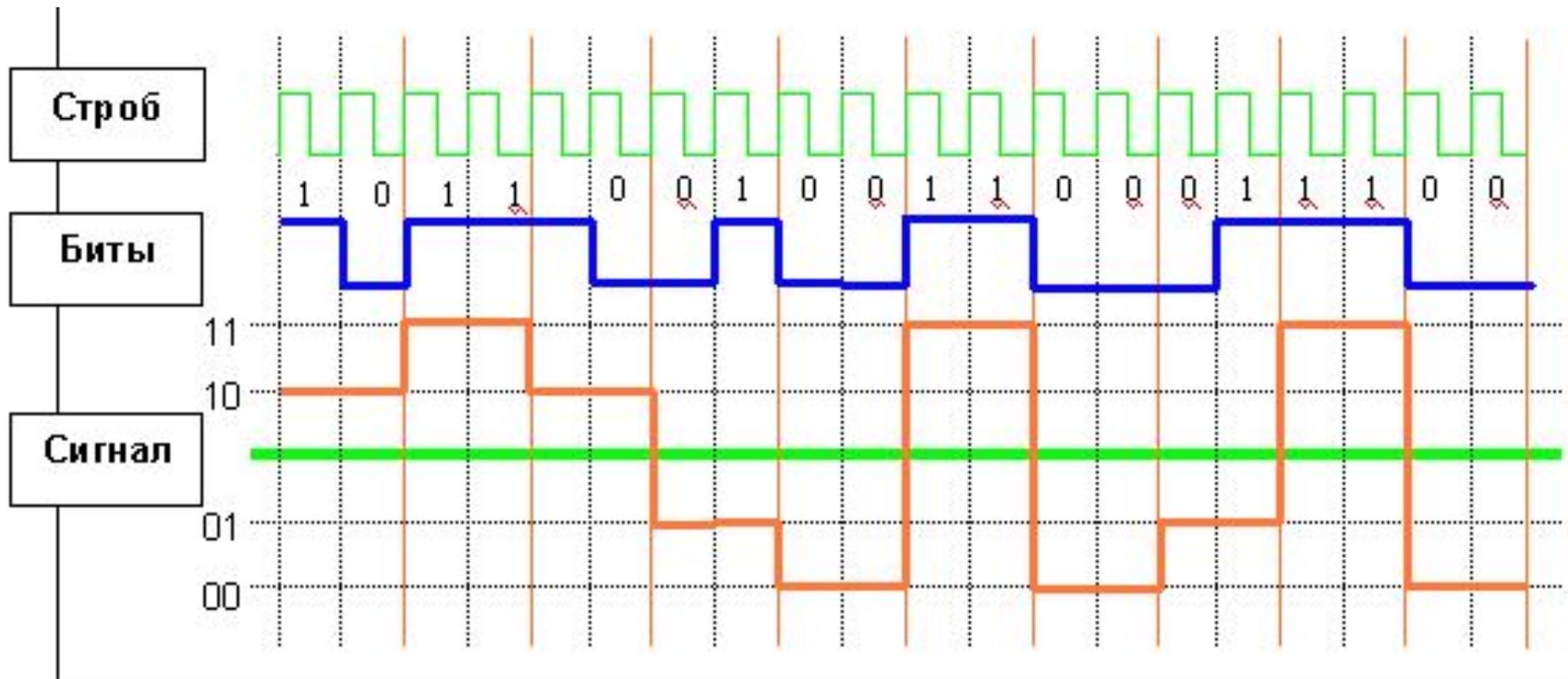


Рисунок 13.3. Код РАМ 5

Код РАМ5, использует 5 уровней потенциала: -2, -1, 0, +1, +2. Поэтому за один такт по одной паре передается 2,322 бит информации. Следовательно, тактовую частоту вместо 250 МГц можно снизить до 125 МГц.

- ▶ При этом если использовать не все коды, а передавать 8 бит за такт (по 4 парам), то выдерживается требуемая скорость передачи в 1000 Мбит/с и еще остается запас неиспользуемых кодов, так как код PAM5 содержит $5^4 = 625$ комбинаций, а если передавать за один такт по всем четырем парам 8 бит данных, то для этого требуется всего $2^8 = 256$ комбинаций. Оставшиеся комбинации приемник может использовать для контроля принимаемой информации и выделения правильных комбинаций на фоне шума. Код PAM5 на тактовой частоте 125 МГц укладывается в полосу 100 МГц кабеля категории 5.

- ▶ Для распознавания коллизий и организации полнодуплексного режима разработчики спецификации 802.3ab применили технику, используемую при организации дуплексного режима на одной паре проводов в современных модемах и аппаратуре передачи данных абонентских окончаний ISDN. Вместо передачи по разным парам проводов или разнесения сигналов двух одновременно работающих навстречу передатчиков по диапазону частот оба передатчика работают навстречу друг другу по каждой из 4-х пар в одном и том же диапазоне частот, так как используют один и тот же потенциальный код PAM5 (рис. 4). Схема гибридной развязки H позволяет приемнику и передатчику одного и того же узла использовать одновременно витую пару и для приема и для передачи (так же, как и в трансиверах коаксиального Ethernet).

Для отделения принимаемого сигнала от своего собственного приемник вычитает из результирующего сигнала известный ему свой сигнал. Естественно, что это не простая операция и для ее выполнения используются специальные цифровые сигнальные процессоры - DSP (Digital Signal Processor). Такая техника уже прошла проверку практикой, но в модемах и сетях ISDN она применялась совсем на других скоростях. При полудуплексном режиме работы получение встречного потока данных считается коллизией, а для полнодуплексного режима работы - нормальной ситуацией.

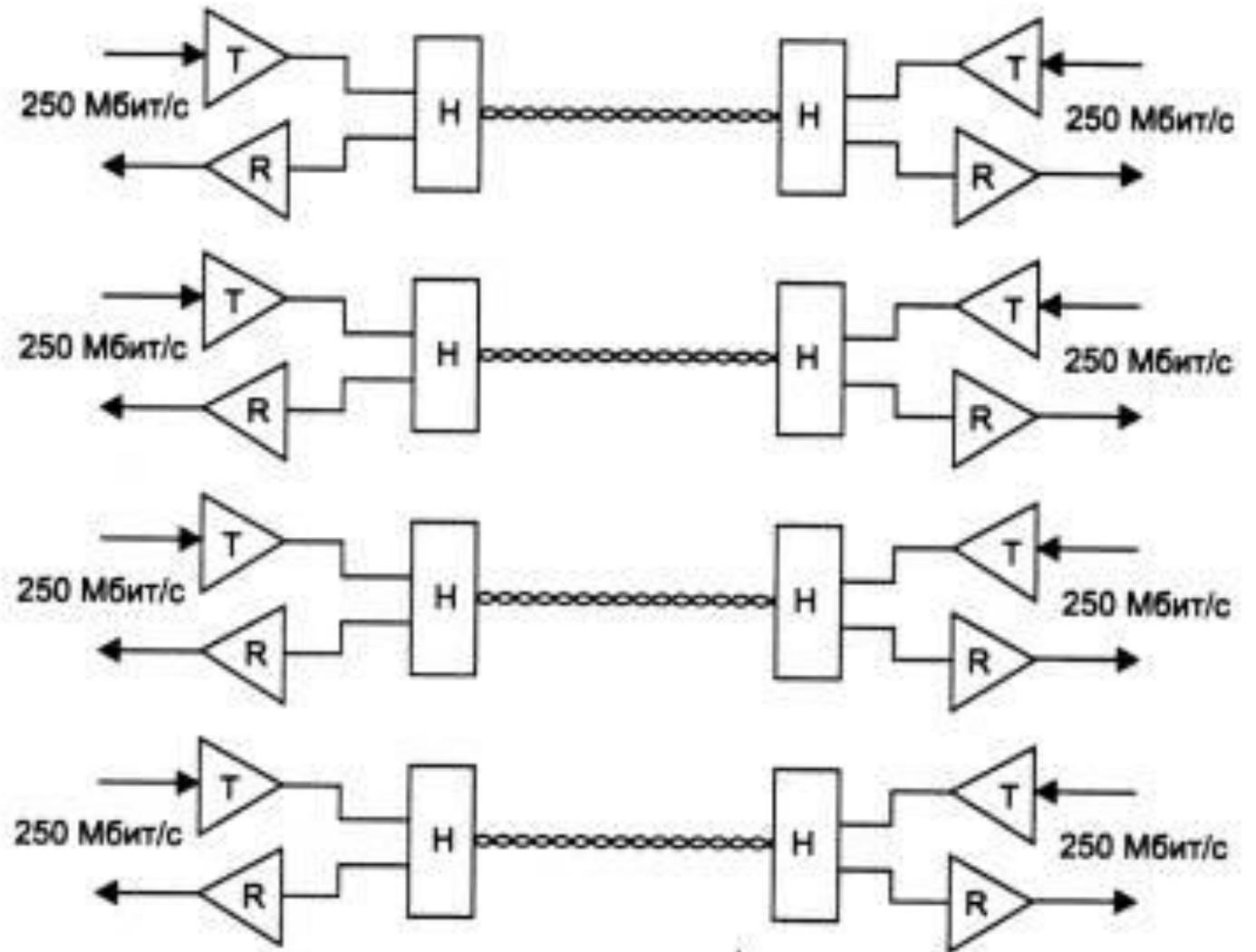


Рисунок 4. Двухнаправленная передача по четырем парам UTP категории 5

Уровень MAC

- ▶ Уровень MAC стандарта Gigabit Ethernet использует тот же самый протокол передачи CSMA/CD что и его предки Ethernet и Fast Ethernet. Основные ограничения на максимальную длину сегмента (или коллизийного домена) определяются этим протоколом.
- ▶ В стандарте Ethernet IEEE 802.3 принят минимальный размер кадра 64 байта. Именно значение минимального размера кадра определяет максимальное допустимое расстояние между станциями (диаметр коллизийного домена). Время, которого станция передает такой кадр - время канала - равно 512 bt или 51,2 мкс. Максимальная длина сети Ethernet определяется из условия разрешения коллизий, а именно время, за которое сигнал доходит до удаленного узла и возвращается обратно не должно превышать 512 bt (без учета преамбулы).

При переходе от Ethernet к Fast Ethernet скорость передачи возрастает, а время трансляции кадра длины 64 байта соответственно сокращается - оно равно 512 bt или 5,12 мкс (в Fast Ethernet 1 bt = 0,01 мкс). Для того, чтобы можно было обнаруживать все коллизии до конца передачи кадра, как и раньше необходимо удовлетворить одному из условий:

- ▶ - сохранить прежнюю максимальную длину сегмента, но увеличить время канала (и следовательно увеличить минимальную длину кадра), или
- ▶ - сохранить время канала, (сохранить прежний размер кадра), но уменьшить максимальную длину сегмента.

- ▶ При разработке стандарта Gigabit Ethernet было принято решение увеличить время канала. В Gigabit Ethernet оно составляет 4096 bt и в 8 раз превосходит время канала Ethernet и Fast Ethernet. Но, чтобы поддержать совместимость со стандартами Ethernet и Fast Ethernet, минимальный размер кадра не был увеличен, а было добавлено к кадру дополнительное поле, получившее название "расширение носителя". Символы в дополнительном поле обычно не несут служебной информации, но они заполняют канал и увеличивают "коллизсионное окно". В результате, коллизия будет регистрироваться всеми станциями при большем диаметре коллизсионного домена.

- ▶ Если станция желает передать короткий (меньше 512 байт) кадр, до при передаче добавляется это поле - расширение носителя, дополняющее кадр до 512 байт. Поле контрольной суммы вычисляется только для оригинального кадра и не распространяется на поле расширения. При приеме кадра поле расширения отбрасывается. Поэтому уровень LLC даже и не знает о наличии поля расширения. Если размер кадра равен или превосходит 512 байт, то поле расширения носителя отсутствует. На рис 5 показан формат кадра Gigabit Ethernet при использовании расширения носителя.



Рисунок 5. Кадр Gigabit Ethernet с полем расширения носителя

Пакетная перегруженность (Packet Bursting)

- ▶ Расширение носителя привело к излишней трате полосы пропускания. До 448 байт (512-64) может расходоваться в холостую при передаче короткого кадра. На стадии разработки стандарта Gigabit Ethernet компанией NBase Communications было внесено предложение по модернизации стандарта. Эта модернизация, получившая название **пакетная перегруженность**, позволяет эффективней использовать поле расширения. Если у станции/коммутатора имеется несколько небольших кадров для отправки, то первый кадр дополняется полем расширения носителя до 512 байт, и отправляется. Остальные кадры отправляются вслед с минимальным межкадровым интервалом в 96 bt, с одним важным исключением - межкадровый интервал заполняется символами расширения.

- ▶ Таким образом, среда не замолкает между посылками коротких оригинальных кадров, и ни какое другое устройство сети не может вклиниться в передачу. Такое пристраивание кадров может происходить до тех пор, пока полное число переданных байт не превысит 1518. Пакетная перегруженность уменьшает вероятность образования коллизий, поскольку перегруженный кадр может испытать коллизию только на этапе передачи первого своего оригинального кадра, включая расширение носителя, что, безусловно, увеличивает производительность сети, особенно при больших нагрузках.

10Gigabit Ethernet

- ▶ Ряд фирм производителей, включая Cisco System, Foundry Networks и Nortel, разработали оборудование для сетей Ethernet с пропускной способностью 10 Гбит/с. В 2002 году утверждена спецификация IEEE 802.3ae (10GEthernet) предусматривающая использование волоконно-оптических кабелей. В 2006 году принят стандарт 10GBase-T (IEEE 802.3 an-2006), использующий для передачи данных на расстояние до 100 метров экранированную витую пару категории 6 или 6a. Технология 10GEthernet предназначена для передачи данных на значительные расстояния, что позволяет операторам связи предлагать своим клиентам новые услуги по объединению локальных сетей.

Технология 10G Ethernet увеличивает протяженность сетей Ethernet до нескольких десятков километров (в зависимости от длины волны оптического сигнала и типа используемого кабеля). Основные особенности ЛВС 10G Ethernet:

- ▶ Основные особенности ЛВС 10G Ethernet:
 - ▶ реализован только дуплексный режим на основе коммутаторов (рис.6);
 - ▶ специфицированы три группы стандартов физического уровня: 10GBase-X (спецификация 10GBase-LX4), 10GBase-R, 10GBase-W;
 - ▶ передающая сред - волоконно-оптический кабель.

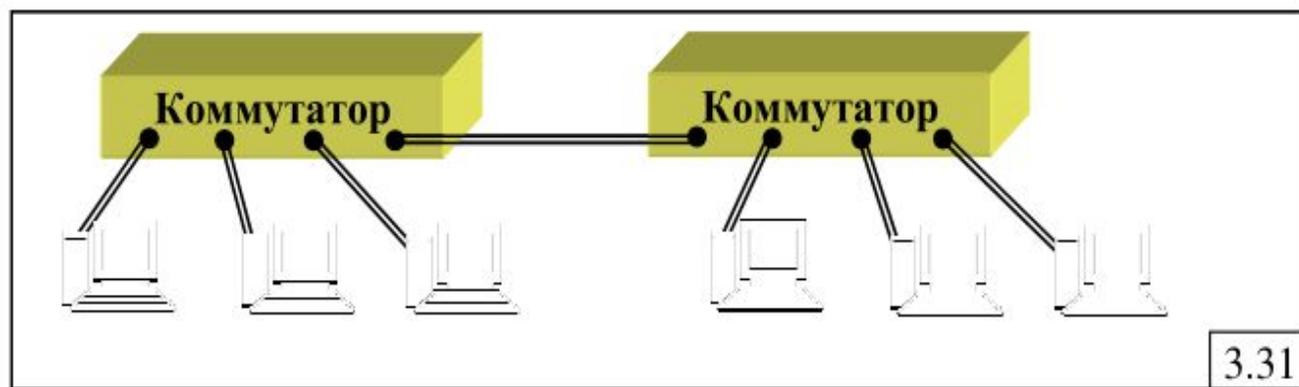


Рис.6

Спецификации кабельных систем технологии Gigabit Ethernet представлены в табл.1.

В группе 10GBase-X предусмотрена только одна спецификация:

10GBase-LX4, где L -означает, что используется второй диапазон прозрачности - 1310 нм.

- ▶ В группах 10GBase-R и 10GBase-W реализованы 3 по спецификации в зависимости от длины волны:
- ▶ 10GBase-RS и 10GBase-WS;
- ▶ 10GBase-RL и 10GBase-WL;
- ▶ 10GBase-RE и 10GBase-WE,

где S - означает, что используется первый диапазон прозрачности (850 нм); L - второй диапазон прозрачности (1310 нм); E - третий диапазон прозрачности (1550 нм).

Табл.1. Спецификация кабельных систем Gigabit Ethernet

10 G Ethernet	10GBase-LX4	10GBase-Rx 10GBase-Wx
<i>Метод кодирования</i>	8B/10B	64B/66B
<i>Длина волны</i>	1310 нм	850 нм (x=S)
		1310 нм (x=L)
		1550 нм (x=E)
<i><Количество волн>*<Проп.способн.></i>	4*2,5 Гбит/с =10 Гбит/с	1*10 Гбит/с
<i>Расстояние между передатчиком и приемником</i>	до 300 м (м/м ВОК)	40 км (для 10GBase-RE и 10GBase-WE)
	10 км (о/м ВОК)	

Максимальное расстояние между передатчиком и приемником для окна прозрачности E может достигать 40 км, что позволяет строить территориально протяженные транспортные сети.

40Gigabit Ethernet и 100Gigabit Ethernet

- ▶ В июне 2010 года IEEE принял новый стандарт IEEE 802.3ba в виде дополнения к стандарту IEEE 802.3 Ethernet, в котором предусмотрены две скорости передачи данных по сети Ethernet - 40 Гбит/с и 100 Гбит/с.
- ▶ Основная цель разработки этого стандарта состояла в том, чтобы распространить протокол 802.3 на сверхвысокие скорости передачи данных, и при этом обеспечить максимальную совместимость интерфейсов со стандартом 802.3 с целью сохранения предыдущих инвестиций в сетевую инфраструктуру. Необходимость появления этого стандарта обусловлена всё возрастающим числом приложений и большими объемами передаваемых данных. Высокие требования к пропускной способности среды передачи данных значительно превышают существующие возможности Ethernet.

Стандарт 40/100 Gigabit Ethernet поддерживает дуплексный режим и ориентирован на различные типы (среды) физического уровня (PHY).

Основными целями разработки стандарта 40/100 Gigabit Ethernet были следующие:

- ▶ сохранение формата кадра 802.3, используемого на MAC-уровне;
- ▶ сохранение минимального и максимального размера кадра стандартов 802.3;
- ▶ обеспечение достоверности передачи данных на MAC-уровне вероятность битовой ошибки (BER) не должна превышать 10^{-12} ;
- ▶ обеспечение поддержки открытой транспортной сети (OTN - The Open Transport Network) - высоконадежной среды для передачи разнородного трафика;
- ▶ обеспечение спецификаций физического уровня (PHY) для передачи по одномодовому оптическому волокну (SMF), многомодовому оптическому волокну (MMF), медным кабелям и объединительной плате (backplane).

- ▶ Основными пользователями сетей IEEE 802.3ba могут стать производители систем и компонентов для серверов, сетей хранения данных, серверных ферм, высокопроизводительных вычислений, центров обработки данных, телекоммуникационных компаний, а также системных операторов. Использование всё более мощных серверных архитектур, центров обработки данных, сетей провайдеров и конечных пользователей делает, во многих случаях, среду передачи данных узким местом. Сети IEEE 802.3ba позволят устранить узкие места, обеспечивая надежную, масштабируемую архитектуру среды передачи данных для удовлетворения требований к пропускной способности.

▶ Дальнейшие перспективы развития высокоскоростных технологий передачи данных связывают с разработкой сетей Ethernet со скоростью передачи 1 Тбит/с (**Terabit Ethernet**).

Предполагается, что технология будет разработана к 2015 году, для чего придется решить немало проблем. Технологией, которая может обеспечить передачу всё возрастающего трафика, возможно, станет технология DWDM. Для этого, как отмечает один из создателей Ethernet Боб Меткалф, «необходимо преодолеть множество ограничений, включая 1550-нанометровые лазеры и модуляцию с частотой 15 ГГц. Для будущей сети нужны новые схемы модуляции, а также новое оптоволокно, новые лазеры, в общем, все новое. Неясно также, какая сетевая архитектура потребуется для ее поддержки. Возможно, оптические сети будущего должны будут использовать волокно с вакуумной сердцевиной или углеродные волокна вместо кремниевых. Операторы должны будут внедрять больше полностью оптических устройств и оптику в свободном пространстве (безволоконную)».