

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Министерство образования Российской Федерации

Тихоокеанский государственный университет

**Кафедра Вычислительной
техники**

«Структура и характеристики ЛВС»

По дисциплине «Сети ЭВМ и средства телекоммуникаций»

Хабаровск

2006 г.

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

<i>Предисловие</i>	2
<i>1. Топология, методы доступа к среде</i>	2
.	
<i>2. Технология Ethernet</i>	3
<i>2.1. Ethernet 10 Мбит/с</i>	3
<i>2.2. Fast Ethernet 100 Мбит/с</i>	5
.	
<i>2.3. Gigabit Ethernet 1000 Мбит/с</i>	7
<i>2.4. 10-Gigabit Ethernet 10 Гбит/с</i>	8
<i>3. Беспроводные сети RadioEthernet</i>	12
<i>4. Менее распространённые технологии ЛВС</i>	16
.	
<i>4.1. Token Ring/IEEE 802.5</i>	16
<i>4.2. FDDI и CDDI</i>	17
<i>5. Выбор типа проводки</i>	18
<i>6. Источники VCSEL</i>	19
<i>7. Пластиковое оптическое волокно</i>	19
.	
<i>Вывод</i>	22
<i>Список использованных источников и литературы</i>	23
.	

Предисловие

каф. Информационных технологий, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Компьютерной сетью называют совокупность узлов (компьютеров, терминалов, периферийных устройств), имеющих возможность информационного взаимодействия друг с другом с помощью специального коммуникационного оборудования и программного обеспечения. Размеры сетей варьируются в широких пределах — от пары соединённых между собой компьютеров, стоящих на соседних столах, до миллионов компьютеров, разбросанных по всему миру (часть из них может находиться и на космических объектах). По широте охвата, принято делить сети на несколько категорий. Локальные вычислительные сети, ЛВС или LAN (Local-Area Network), позволяют объединять компьютеры, расположенные в ограниченном пространстве. Чаще всего, на территории не более 1 – 2 километров. Для локальных сетей, как правило, прокладывается специализированная кабельная система высокого качества, а положение возможных точек подключения абонентов ограничено этой кабельной системой. Качественные каналы позволяют применять более простые методы передачи данных, чем в глобальных сетях достигая, при этом, высоких скоростей обмена данными. Иногда в локальных сетях используют и беспроводную связь (wireless), но и при этом возможности перемещения абонентов сильно ограничены. Локальные сети можно объединять в более масштабные образования - CAN (Campus-Area Network - кампусная сеть, объединяющая локальные сети близко расположенных зданий), MAN (Metropolitan-Area Network - сеть городского масштаба), WAN (Wide-Area Network - широкомасштабная сеть), GAN (Global-Area Network - глобальная сеть). Исторически, первыми появились глобальные сети.

Самый распространённый на сегодняшний день стандарт локальных сетей - это Ethernet. Общее количество сетей, работающих по протоколу Ethernet в настоящее время, оценивается в несколько миллионов.

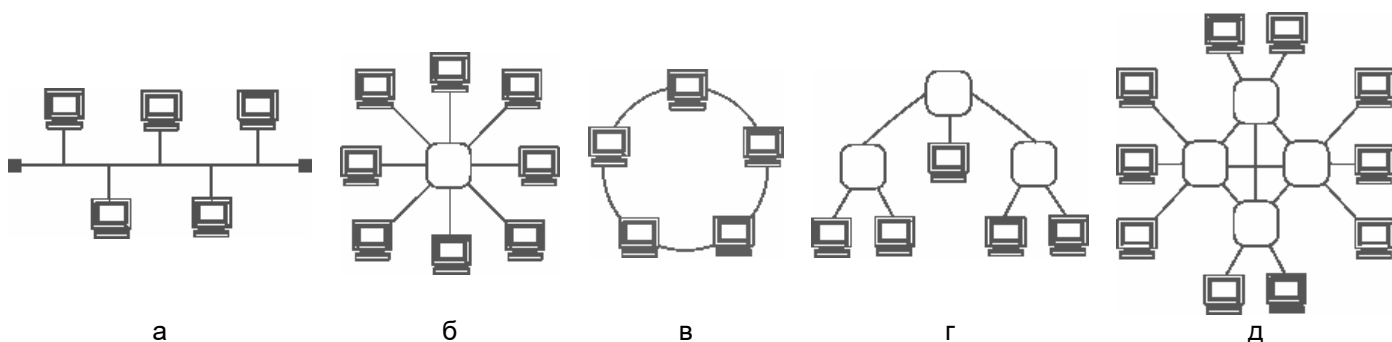
Тема локальных вычислительных сетей весьма обширна и может рассматриваться с разных точек зрения. Представленный материал выборочный и довольно сжатый, так как на объём реферата изначально накладывалось ограничение, а поэтому не может претендовать на роль основного учебника по ЛВС. Читатель должен уже иметь представление о фундаментальных понятиях изучаемого предмета, таких как базовая модель взаимодействия открытых систем OSI, характеристиках линий передачи данных и ряде других. В реферате сделан упор на технологии наиболее популярные в настоящее время и претендующие на популярность в ближайшем будущем. Желающие более глубоко изучить эту тему могут обратиться к другим источникам информации.

1. Топология, методы доступа к среде

Каждая сетевая технология имеет характерную для неё топологию соединения узлов сети и метод доступа к среде передачи (media access method). Эти категории связаны с двумя нижними уровнями модели OSI.

Различают физическую топологию, определяющую правила физических соединений узлов (прокладку реальных кабелей), и логическую топологию, определяющую направления потоков данных между узлами сети. Логическая и физическая топологии относительно независимы друг от друга.

Физические топологии — шина (bus), звезда (star), кольцо (ring), дерево (tree), сетка (mesh) — иллюстрирует Рис. 1.1.



каф. Информационных технологий, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск
Рис. 1.1. Виды физической топологии. а — шина, б — звезда, в — кольцо, г — дерево, д — сетка

Методы доступа к среде передачи делятся на вероятностные и детерминированные.

При вероятностном (probabilistic) методе доступа узел, желающий послать кадр в сеть, прослушивает линию. Если линия занята или обнаружена коллизия (столкновение сигналов от двух передатчиков), попытка передачи откладывается на некоторое время. Основные разновидности:

- *CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) - множественный доступ с прослушиванием несущей и избеганием коллизий. Коллизия – это столкновение двух и более сигналов в одном канале (среде передачи). Узел, готовый послать кадр, прослушивает линию. При отсутствии несущей он посылает короткий сигнал запроса на передачу (RTS) и определенное время ожидает ответа (CTS) от адресата назначения. При отсутствии ответа (подразумевается возможность коллизии) попытка передачи откладывается, при получении ответа в линию посылается кадр. При запросе на широкополосную передачу (RTS содержит адрес 255) CTS не ожидается. Метод не позволяет полностью избежать коллизий, но они обрабатываются на вышестоящих уровнях протокола. Метод применяется в сети Apple LocalTalk, характерен простотой и низкой стоимостью цепей доступа.*
- *CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) — множественный доступ с прослушиванием несущей и обнаружением коллизий. Узел, готовый послать кадр, прослушивает линию. При отсутствии несущей он начинает передачу кадра, одновременно контролируя состояние линии. При обнаружении коллизии передача прекращается, и повторная попытка откладывается на случайное время. Их частота связана с количеством и активностью подключенных узлов. Коллизии — нормальное, хотя и нежелательное, и не очень частое явление для CSMA/CD, так как данный метод хорошо работает лишь при общей загрузке канала (среды передачи) до 30%. При большей загрузке коллизии приводят к прогрессирующей деградации производительности, это – слабое место популярной технологии Ethernet. Нормально коллизии могут начинаться в определенном временном окне кадра, запоздалые коллизии сигнализируют об аппаратных неполадках в кабеле или узлах. Группа узлов, связанных общим каналом (свободным эфиром, кабелями и повторителями) называется доменом коллизий. Метод эффективнее, чем CSMA/CA, но требует более сложных и дорогих схем цепей доступа. Применяется во многих сетевых архитектурах: Ethernet (кроме 10-Гигабитного), EtherTalk (реализация Ethernet фирмы Apple), G-Net, IBM PC Network, AT&T StarLAN.*

Общим недостатком вероятностных методов доступа — неопределённое время прохождения кадра, резко возрастающее при увеличении нагрузки на сеть, что ограничивает его применение в системах реального времени.

При детерминированном (deterministic) методе узлы получают доступ к среде в предопределённом порядке. Последовательность определяется контроллером сети, который может быть централизованным, (его функции может выполнять, например, сервер) или/и распределённым (функции выполняются оборудованием всех узлов).

2. Технология Ethernet

2.1. Ethernet 10 Мбит/с

Число 10 в указанных далее названиях обозначает битовую скорость передачи данных этих стандартов — 10 Мбит/с, а слово «Base» — метод передачи на одной базовой частоте 10 МГц (в отличие от методов, использующих несколько несущих частот, которые называются Broadband — широкополосными). Последний символ в названии стандарта физического уровня обозначает тип кабеля.

Спецификации физического уровня для стандарта Ethernet:

- **10Base-5** — коаксиальный кабель диаметром 0,5 дюйма, называемый «толстым» коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом. Максимальная длина сегмента — 500 м (без повторителей).

- **10Base-2** — коаксиальный кабель диаметром 0,25 дюйма, называемый «тонким» коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом. Максимальная длина сегмента — 185 м (без повторителей).
- Оптоволоконные варианты сети: 3 варианта **10Base-F**: **10Base-FL** (расстояние до 2000 м), **10Base-FB** (расстояние до 2000 м), **10BaseFP** (расстояние до 500 м); **FOIRL** (расстояние до 1000 м).
- **10BaseT** — на витой паре (Twisted-Pair Ethernet) категории не ниже 3, используется 2 пары проводов — одна работает на приём, другая — на передачу. Передатчик обнаруживает коллизии по факту получения сигнала приёмником во время работы передатчика (transmit mode collision detection). Разделение цепей приёма и передачи позволяет реализовать полнодуплексный режим (full duplex mode) обмена данными между двумя точками: одновременный приём и передачу. В отличие от обычного (полудуплексного) режима, в полнодуплексном коллизий не существует. Физическая топология — звезда, в центре которой находится активное устройство - концентратор (повторитель, хаб) или коммутатор. Возможно двухточечное соединение пары узлов без применения концентратора. Расстояние между концентратором и конечным узлом — не более 100 м. При построении сети руководствуются «правилом четырёх хабов»: между любыми двумя узлами не должно быть более четырёх концентраторов (хабов).

Все разновидности 10-Мегабитного Ethernet на медном кабеле используют манчестерское кодирование.

Наиболее массовым в своё время стал 10BaseT. Сегодня он утратил популярность, но стал фундаментом последующего развития Ethernet на витой паре — настолько удачными оказались заложенные в него концепции. Всё что написано о нём выше является справедливым и в отношении более скоростных разновидностей Ethernet, кроме «правила четырёх хабов», способа кодирования и, обычно, категории кабеля. Поэтому имеет смысл рассмотреть его чуть подробнее.

Стандарт определяет тип разъёма: на адаптерах устанавливается 8-позиционное модульное гнездо RJ-45 (Рис. 2.1.1, а и б), на активном — аналогичные гнезда или 50-контактные разъёмы RJ-21 (Telco). Назначение контактов разъёма RJ-45 приведено в Таблице 2.1.1.

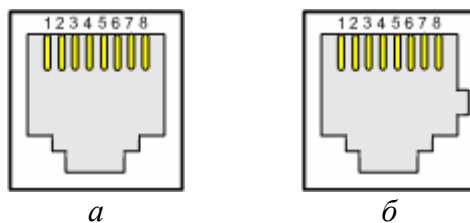


Рис. 2.1.1. Геометрия 8-позиционных модульных розеток: а — обычное, б — с ключом

Таблица 2.1.1. Интерфейсы 10BaseT, 100BaseTX (разъём RJ-45)

Контакт	Сигнал MDI	Сигнал MDIX
1	Tx+	Rx+
2	Tx-	Rx-
3	Rx+	Tx+
4	Не подключен	Не подключен
5	Не подключен	Не подключен
6	Rx-	Tx-
7	Не подключен	Не подключен
8	Не подключен	Не подключен

Графа MDI (Media Dependent Interface) соответствует гнездам адаптеров, а у коммуникационного оборудования — гнездам «UpLink», предназначенным для каскадирования; графа MDIX (Media Dependent Interface Xover = Crossover — перевёрнутый) соответствует гнездам коммуникационного оборудования, предназначенным для подключения абонентов. При соединении порта MDI с портом MDIX используется прямой кабель (Рис. 2.1.2, а), при соединении двух портов MDI (например, при двухточечной связи пары компьютеров) или двух портов

MDIX (при соединении двух коммуникационных устройств) используется перекрёстный (crossover) кабель (Рис. 2.1.2, б).

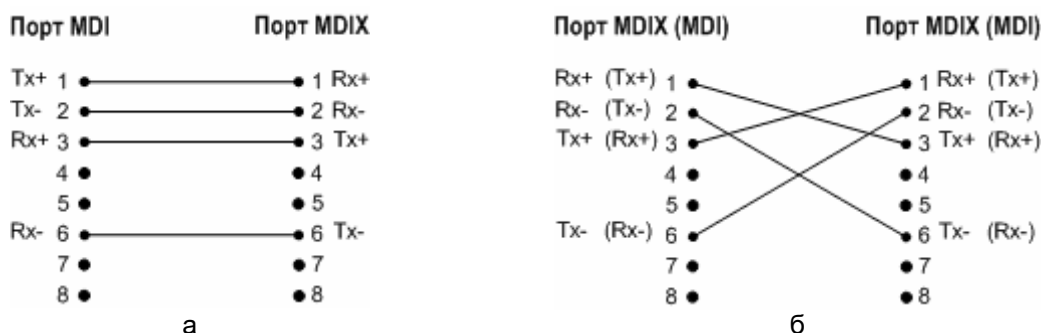


Рис. 2.1.2. Раскладка проводов для модульных соединителей 10BaseT и 100BaseTX: а — прямой кабель, б — перекрёстный кабель

Цепи приёмопередатчиков имеют гальваническую развязку от «схемной земли» адаптера, типовое напряжение изоляции 100 В. Подразумевается, что витой парой соединяется заземлённое оборудование.

Количество узлов в сегменте — до 1024, большое число узлов достигается применением многопортовых повторителей и их каскадного соединения. Однако этот режим уже не может использовать разделяемую среду передачи, для него необходимо применение коммутаторов (полнодуплексную связь можно установить и при непосредственном двухточечном соединении конечных систем). В полнодуплексном режиме должны приниматься специальные меры для защиты от перегрузки принимающего буфера.

2.2. Fast Ethernet 100 Мбит/с

Варианты Fast Ethernet со скоростью передачи данных 100 Мбит/с описываются стандартом IEEE 802.3и — дополнительными главами 802.3, принятыми в 1995 году. Они основаны на том же методе доступа CSMA/CD с сохранением форматов кадров. При этом все соотношения, измеренные в битовых интервалах, сохраняются. Поскольку длительность битового интервала сократилась в 10 раз (со 100 нс до 10 нс), максимально допустимое время прохождения между двумя узлами сократилось до 2,6 мкс. Это привело к ужесточению топологических ограничений. Все разновидности используют звездообразную топологию с активным устройством в центре, возможно и непосредственное соединение пары станций.

Устройство физического уровня выполняет логическое кодирование — преобразование 4В/5В или 6В/8Т, физическое кодирование и присоединение к среде передачи, и необязательно — автоматическое согласование режимов передачи. Физический уровень в 100BaseTX и 100BaseFX позаимствован из технологии FDDI, в 100BaseT4 применена оригинальная разработка.

100BaseTX — наиболее популярная версия Fast Ethernet. Использует две витые пары категории 5. По использованию разъёмов полностью соответствует 10BaseT (Таблица 2.1.1 и Рис. 2.1.2). При использовании 4-парного кабеля, в разъёмах должны заделываться все 4 пары, чтобы не было проблем с перекрёстными наводками (10BaseT может «простить» заделку лишь 2 пар из 4-х) Возможна работа в полудуплексном и полнодуплексном режимах. Логическое кодирование производится по схеме 4В/5В — 4 бита исходной информации преобразуются в 5-битный символ. Избыточность используется для повышения достоверности и служебных целей. Метод физического кодирования MLT-3 заимствован из TP-PMD — «медной» реализации FDDI. В паузе между кадрами в линию посылаются последовательность символов Idle.

100BaseT4 — версия, использующая 4 витых пары категории не ниже 3. Кроме однонаправленных пар, используемых в 100BaseTX и 10BaseT, здесь две дополнительные пары являются двунаправленными и служат для распараллеливания передачи данных. Кадр передаётся по трём линиям параллельно, что позволяет снизить пропускную способность каждой пары до 33,3 Мбит/с. Каждые 8 бит (двоичных разрядов — Binary), передаваемые по конкретной паре, кодируются шестью троичными (Ternary) цифрами (кодирование 8В/6Т). В паузе между кадрами в линию посылаются последовательность символов Idle.

составляет 25 Мбод ($33,3 \times 6/8 = 25$). Эти меры позволяют сузить необходимую полосу пропускания кабеля до требований категории 3 (16 МГц). Четвёртая пара при передаче используется для прослушивания сигнала от противоположного передатчика — по его появлению определяется факт коллизии. 100BaseT4 не получил большого распространения. Одна из причин состоит в том, что с началом периода становления Fast Ethernet потребители стали широко применять кабели 5 категории.

Для приведённых выше реализаций предусмотрен протокол согласования режимов (autonegotiation), по которому порт может выбрать самый эффективный из режимов, доступных обоим участникам обмена. Согласование осуществляется путём обмена посылками FLP (Fast Link Pulse), которые являются признаком исправной активной линии (аналогично NLP в 10BaseT). В отличие от одиночных импульсов NLP, импульсы FLP идут пачкой. Различают синхронизирующие и сигнальные импульсы FLP. Сигнальные импульсы могут вставляться между синхронизирующими, идущими пачкой по 17 штук. Места между этими импульсами отводятся под кодирование 16-битного слова: наличие сигнального соответствует единичному биту, отсутствие - нулевому. Слово несёт информацию о доступных режимах. Первый узел предлагает самый эффективный режим, кодируя его в посылке FLP. Приёмник на эту посылку отвечает аналогичной, в которой кодирует свои возможности. В качестве рабочего выбирается самый приоритетный режим из доступных обоим узлам. Приоритеты режимов в порядке убывания: 100BaseTX полнодуплексный, 100BaseT4, 100BaseTX полудуплексный, 10BaseT полнодуплексный, 10BaseT полудуплексный. Если второй узел имеет порт 10BaseT, «не понимающий» FLP и посылающий NLP, будет принят протокол 10BaseT. Протокол автоматического согласования может быть отключен (или не реализован), в этом случае режим работы задается принудительно при конфигурировании порта. Возможность переключения режимов отражается в названиях портов (Fast Ethernet 10/100), поддержка режима 100BaseT4 встречается нечасто.

100BaseT2 — малораспространённая (и не стандартизованная) версия с использованием двух пар категории 3 и выше. Сужение полосы достигается за счёт применения 5-уровневого кодирования PAM-5. Поддерживает полу- и полный дуплекс, в режиме полного дуплекса сигналы распространяются по каждой паре во встречных направлениях (пропускная способность 100 Мбит/с относится только к полному дуплексу, скорость передачи в одну сторону — 50 Мбит/с).

100BaseFX — версия для оптоволокна с длиной волны 1300 нм. Логически близка к 100BaseTX — то же логическое кодирование 4B/5B, но физическое — NRZI (как в FDDI). Согласование режимов (переход на 10 Мбит/с) невозможно, поскольку стандарт 10BaseFL использует длину волны 830 нм. В полудуплексе дальность 412 м — ограничение по времени двойного оборота. В полном дуплексе дальность определяется свойством волокна: по MM-волокну может достигать 2 км, по SM — 32 км.

100BaseSX — новый стандарт на дешёвых коротковолновых (830 нм) светодиодных передатчиках и многомодовом волокне. Дальность связи ограничена волокном и меньше, чем у FX, — всего 300 м, зато поддерживается совместимость с 10BaseFL и автоматическое согласование скорости передачи 10/100 Мбит/с (802.3u). Версия разработана как дешёвая альтернатива дорогой 100BaseFX для случаев, когда не требуется преодоление больших расстояний.

Центральным, устройством в Fast Ethernet может быть повторитель или коммутатор. Повторители делятся на два класса:

- Повторитель класса I (class I repeater) является транслирующим (translational repeater), он поддерживает разные схемы кодирования, принятые в технологиях 100BaseTX/FX и 100BaseT4. При этом вносимая задержка может достигать 140 нс.
- Повторитель класса II (class II repeater) является прозрачным (transparent repeater), он поддерживает только одну из схем кодирования — технологию 100BaseTX/FX или 100BaseT4. При этом вносимая задержка может достигать 92 нс.

Благодаря избыточности кодирования по сравнению с Ethernet повторители Fast Ethernet работают несколько сложнее. В случае обнаружения ошибочного сигнала вместо его прозрачной трансляции в остальные порты повторитель может посылать признак повреждения кадра. Если повторитель поддерживает две схемы кодирования, ему приходится

производить декодирование по схеме 4В/ 5В и последующее кодирование в 6В/8Т (или наоборот), что вносит дополнительную задержку.

Топологические ограничения Fast Ethernet жёстче — диаметр домена коллизий для витой пары не должен превышать 205 м, в одном домене коллизий может быть не более двух повторителей класса II, повторитель класса I может быть только один. Если принять допустимое расстояние от повторителя до станции равным 100 м, то повторители можно соединять между собой кабелем длиной не более 5 м.

2.3. Gigabit Ethernet 1000 Мбит/с

Технология Gigabit Ethernet со скоростью передачи данных 1000 Мбит/с разработана для ускорения передачи данных при использовании популярнейшей технологии Ethernet. Однако повышение скорости на порядок при сохранении всех пропорций предыдущих технологий привело бы к сужению диаметра домена коллизий до неприемлемого размера — 0,26 мкс задержки соответствует примерно 50 м кабеля, а ещё задержку вносит и повторитель. По этой причине минимально допустимый размер кадра, определяющий максимально допустимую задержку передачи, был увеличен до 512 байт (4096 bt). С учётом задержек в повторителе и адаптерах диаметр домена коллизий может достигать 200 м, то есть вписываться в стандартную концепцию построения СКС. Ограничения, порожденные методом CSMA/CD, актуальны только для полудуплексного режима работы портов. Для Gigabit Ethernet более характерен полнодуплексный режим, при котором допустимая длина линии связи ограничивается затуханием сигнала и частотными свойствами линии.

Дополнительно предусматривается возможность пакетной передачи кадров (frame bursting). Узел, получивший доступ к среде, после передачи одного кадра вместо паузы посылает специальную последовательность, после которой идет следующий кадр. Кадры пакета могут адресоваться разным получателям. Смысл пакетной передачи заключается в сокращении накладных расходов на получение доступа к среде — между кадрами пакета среда для остальных узлов выглядит занятой.

Gigabit Ethernet описывается двумя стандартами — IEEE 802.3z (1000BaseSX, 1000BaseLX и 1000BaseCX), принятым в 1998 году, и IEEE 802.3ab (1000BaseT), принятым осенью 1999 г.

Стандарт 802.3z основывается на разработках технологии Fiber Channel. Здесь используется избыточное кодирование 8В/10В, а схемы физического уровня «разогнаны» со скорости 800 Мбит/с до 1 Гбит/с (тактовая частота - 1,25 ГГц). Стандарт предлагает следующие версии:

1000BaseSX (Short wavelength) — оптический интерфейс с коротковолновыми (850 нм) лазерными передатчиками для связи по ММ-волокну на небольшие расстояния. Для кабеля с невысокой полосой пропускания допустимая длина соединения оказывается меньше, чем ограничение на длину магистрального кабеля (500 м), установленное стандартами СКС.

1000BaseLX (Long wavelength) — интерфейс с длинноволновыми (1310 мкм) лазерными передатчиками для связи по SM- и ММ-волокну на большие расстояния.

1000BaseLH — интерфейс с лазерными передатчиками 1310 нм для связи по SM- и ММ-волокну на сверхбольшие расстояния.

1000BaseCX — электрический интерфейс для связи на короткие дистанции (25 м), предназначенный для связи оборудования в пределах аппаратной комнаты или телекоммуникационного помещения. Использует двухосевой (twiaxial) кабель или скрученные четверки проводов (quad cable) с частотными характеристиками, превосходящими STP типов 1 и 2.

1000BaseT — электрический интерфейс на витой паре (4 пары проводов) категории 5е (и даже 5) при ограничении на длину линии в 100 м. Физическое кодирование — 5-уровневое (РАМ-5). Сигнал передаётся одновременно по четырём парам проводов, причём для полного дуплекса передача ведётся по каждой паре сразу в обоих направлениях. Оконечные цепи выделяют из смеси сигнал противоположного передатчика. Решение этой задачи на сверхвысоких частотах стало возможным благодаря применению современных сигнальных процессоров. Для удовлетворения требованиям к среде передачи рекомендуется применение в кабельной системе компонентов категории 5е (розетки, шнуры, 4-парные кабели стационарной проводки). Количество соединений в канале должно быть минимальным. В

телекоммуникационных помещениях рекомендуется схема непосредственного подключения (interconnection), без кросс-панели. В горизонтальной кабельной системе исключается соединение двух кусков кабелей в одной линии в точке перехода (Translation Point, TP) или консолидации (Consolidation Point, CP).

Традиционно, ММ-кабели проектировались под светодиодные источники излучения. Изначально, для применения в сетях был выбран кабель 62,5/125 мкм, хотя кабель 50/125 мкм обеспечивает более широкую полосу пропускания. Причина в том, что ввод сигнала со светодиода в кабель с диаметром сердцевины 50 мкм затруднён. Между тем, новые источники света, особенно VCSEL (о котором будет написано дальше) хорошо совместимы с кабелями 50/125 мкм. Стандарт TIA/EIA-568B допускает применение любого из этих кабелей. Стоит отметить, что многие производители предлагают кабели с лучшей производительностью, чем предписано данным стандартом. Максимальная длина линии связи зависит от типа источника излучения, длины волны, диаметра сердцевины и прочих характеристик волокна (Таблица 2.3.1.).

Таблица 2.3.1. Допустимые расстояния для волоконно-оптического кабеля

Диаметр сердечника (мкм)	Полоса пропускания для длин волн 850 нм / 1300 нм (МГц X км)	Расстояние (м)	
		850 нм	1300 нм
62,5	160 / 500	220	550
62,5	200 / 500	275	550
50	400 / 500	500	500
50	500 / 500	550	500

2.4. 10-Gigabit Ethernet 10 Гбит/с

Стремительный рост требований к системам хранения данных вынуждает компании прокладывать всё большее число кабелей, и зачастую в очень ограниченных пространствах кабельных коробов, лотков и каналов. На повестке дня многих крупных компаний стоит задача внедрения технологии 10-Gigabit Ethernet на магистрали центра обработки данных.

В апреле 2002 года подкомитет TR-42.8 ассоциации TIA выпустил приложение Addendum 1 к стандарту TIA/EIA-568-B.3, в котором специфицированы рабочие характеристики 50-мкм многомодового оптоволокна, оптимизированного для работы с 850-нм лазером. В сентябре 2002 года организация ISO опубликовала стандарты на передачу трафика 10-GbE по оптическим волокнам типа OM1, OM2, OM3 и OS1. Таким образом, сегодня мы имеем полный набор спецификаций на 10-Гбит/с оптоволоконные инфраструктуры.

В конце 2002 г. более 100 экспертов, собравшись на заседании комитета IEEE 802.3 (Ethernet), оценивали необходимость формирования рабочей группы с целью стандартизации технологии 10-Gigabit Ethernet для передачи трафика по UTP-кабелю на расстояния до 100 м. Последние достижения в области цифровой обработки сигнала вселяли в них уверенность в то, что это вполне реально. К тому времени, стандарт на 10-гигабитовую передачу трафика по оптическому кабелю (IEEE 802.3ae) был уже принят, в стадии разработки находился стандарт IEEE 802.3ak (10GBase-CX4) на передачу 10-гигабитовых потоков по двухосевому кабелю (коаксиальный кабель с двумя проводниками) на короткие расстояния — до 15 м. Присутствовавшие на собрании решили сформировать исследовательскую группу для подготовки официального предложения институту IEEE. Данный процесс был успешно завершён и в настоящий момент группа 802.3ap разрабатывает стандарт 10-гигабитовой технологии для 100-м витопарных каналов. Принятие стандарта 10-Гигабитного Ethernet на витой паре - 10GBase-T намечено на июль 2006 года.

В опубликованном позднее (в феврале 2004 г.) стандарте 10GBase-CX4 определён вариант технологии 10-Gigabit Ethernet для двухосевого кабеля, но, поскольку эта технология обеспечивает дальность передачи данных не более чем на 15 м, она считается непригодной для использования в ЛВС.

Стандарт IEEE 802.3ae (10-Gigabit Ethernet по волоконно-оптическому кабелю) определяет три различных семейства физических уровней: 10GBASE-X, 10GBASE-R и 10GBASE-W. Они отличаются методами кодирования, используемыми при передаче трафика

между сетевыми устройствами (8b/10b или 64b/66b), и наличием или отсутствием подуровней интерфейса WAN для согласования с сетями SONET OC-192. В каждом семействе имеются различные реализации PMD (Physical Medium Dependent - зависимый от среды передачи данных подуровень), отвечающие за передачу сигналов в данной физической среде.

10GBASE-X использует схему кодирования сигнала 8b/10b. Подуровни интерфейса WAN отсутствуют. Текущий стандарт IEEE 802.3ae предусматривает одну спецификацию PMD, известную как **10GBASE-LX4**.

10GBASE-R базируется на схеме кодирования 64b/66b. Для этого физического уровня имеется три типа PMD: **10GBASE-SR**, **10GBASE-LR** и **10GBASE-ER**.

10GBASE-W определяет инкапсуляцию данных кодированных методом 64b/66b во фрейм SONET OC-192. Здесь специфицируются следующие PMD: **10GBASE-SW**, **10GBASE-LW** и **10GBASE-EW**.

10GBASE-R и **10GBASE-W** имеют подуровень интерфейса WAN.

Максимальная протяжённость оптической линии в зависимости от типа кабеля для **10GBASE-SX / SR / SW** (длина волны 850 нм) показана в Таблице 2.4.1.

Таблица 2.4.1. Длина линии для 10GBASE-SX / SR / SW (длина волны 850 нм)

Тип волокна	Широкополосность (МГц x км)	Дистанция (м)
62.5 мкм MM	160	26
62.5 мкм MM	200	33
50 мкм MM	400	66
50 мкм MM	500	82
50 мкм MM	2000	300

Максимальная протяжённость оптической линии в зависимости от типа кабеля для **10GBASE-LX / LR / LW** (длина волны 1300 нм) показана в Таблице 2.4.2.

Таблица 2.4.2. Длина линии для 10GBASE-LX / LR / LW (длина волны 1300 нм)

Тип волокна	Широкополосность (МГц x км)	Дистанция (м)
62.5 мкм MM	500	300
50 мкм MM	400	240
50 мкм MM	500	300
10 мкм OM	-	10000

Максимальная протяжённость оптической линии в зависимости от типа кабеля для **10GBASE-EX / ER / EW** (длина волны 1550 нм) показана в Таблице 2.4.3.

Таблица 2.4.3. Длина линии для 10GBASE-EX / ER / EW (длина волны 1550 нм)

Тип волокна	Широкополосность (МГц x км)	Дистанция (м)
10 мкм OM	-	40000

На сегодняшний день (время написания реферата) для передачи трафика 10-Gigabit Ethernet (10-GbE) по локальным сетям стандартами предусмотрено использование только оптоволоконных и двухосевых (коаксиал с двумя проводниками) кабелей. Со временем ситуация изменится, поскольку институт IEEE разрабатывает стандарт 10GBase-T (IEEE 802.3an), в нем будет определена передача трафика 10-GbE по сбалансированным витопарным медным кабелям. Одной из задач, стоящих перед разработчиками стандарта 10-GbE для сбалансированного витопарного медного кабеля, является обеспечение дальности передачи данных до 100 м по улучшенной кабельной системе класса E. С этой целью комитет TR-42 в сотрудничестве с IEEE разрабатывает спецификации на UTP-систему расширенной категории 6 (Augmented Category 6), которые должны войти в стандарт TIA/EIA-568-B.2 в виде приложений с номерами 10 и 11.

Хотя UTP-системы расширенной категории 6 ещё не стандартизованы, тем не менее, несколько таких решений уже выведены на рынок. Кроме них, для передачи 10-Гбит/с трафика подойдут и STP-кабели категории 6 и класса F (Категории 7), соответствующие стандартам TIA/EIA-568-B.2-1 и ISO/IEC 11801 соответственно. Рабочие характеристики кабеля класса F специфицированы в полосе частот до 600 МГц, что, скорее всего, более чем достаточно для работы протокола 10-GbE.

Увеличение скорости передачи до 10 Гбит/с требует значительно большей полосы пропускания, чем та, которую могут предоставить существующие системы. Теоретическая пропускная способность канала, называемая шенноновской пропускной способностью (Shannon Capacity), должна быть выше 18 Гбит/с — с учётом возможных потерь, возникающих из-за активных компонентов сети. Это достигается за счёт увеличения максимальной частоты сигнала до 500 МГц, сокращения потерь при передаче и использования более сложной схемы кодирования — PAM-12. Скорость передачи данных по каналу 825 Мбод. Передача и приём данных ведётся одновременно в обоих направлениях в полнодуплексном режиме со скоростью 2,5 Мбит/с на каждую пару. Технология PAM-12 (Pulse Amplitude Modulation) позволяет передавать множество информационных битов при каждом изменении уровня сигнала и, как результат, значительно превышает максимальную скорость передачи данных в определённой полосе частот. Работа кабельных систем на базе витопарных медных кабелей характеризуется множеством параметров. Чтобы надёжно передавать трафик 10-GbE, одного лишь расширения полосы пропускания кабельных каналов недостаточно. Более высокочастотные сигналы, передаваемые активным оборудованием 10-GbE, создают значительные электромагнитные помехи, которые необходимо каким-то образом минимизировать. Уровень взаимных помех между соседними кабелями и разъёмами характеризуется значением параметра Alien crosstalk (ANEXT, AXT). Это - новый и критически важный с точки зрения поддержки технологии 10-GbE параметр кабельных инфраструктур. Указанные взаимные помехи, увеличивая уровень шума в каналах, препятствуют передаче потоков данных по медным кабелям со скоростью 10 Гбит/с. Наиболее популярный среди большинства экспертов метод измерения параметра AXT предусматривает тестирование пучка из одного испытуемого и шести расположенных вокруг него воздействующих кабелей. Межкабельные наводки AXT измеряются как суммарное влияние всех 24 воздействующих пар на каждую из четырёх испытуемых (Рис. 2.4.1). Данная конфигурация может использоваться для тестирования, как только кабеля, так и всего канала, включая соединительные элементы.

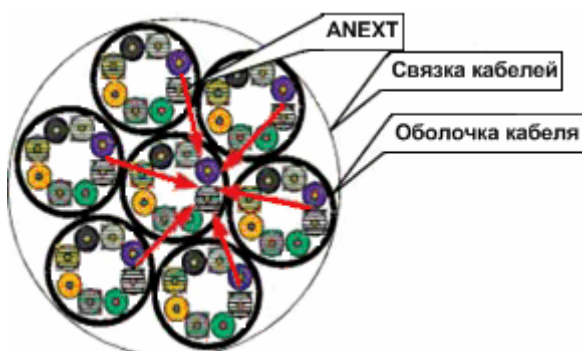


Рис. 2.4.1. ANEXT

Для технологии 10GBase-T ещё вводятся параметры *power sum ANEXT*, *AFEXT* и *power sum AFEXT*, которые, также, должны соблюдаться. Они имеют тот же смысл, что и *power sum NEXT*, *FEXT* и *power sum FEXT*, с тем отличием, что они определяют влияние витых пар разных кабелей (из связки кабелей) друг на друга, а не витых пар одного кабеля.

Шенноновская пропускная способность (Shannon Capacity) канала (Гбит/с) связи определяет максимальную скорость передачи данных по нему при заданном отношении сигнала к шуму. Кабельный экран из фольги почти полностью устраняет наводки ANEXT, что повышает отношение сигнала к шуму в кабельном канале и обеспечивает значительно более высокую шенноновскую пропускную способность его, чем у протестированной в тех же условиях улучшенной UTP-системы. По сравнению с существующими реализациями UTP-систем расширенной категории 6 в экранированных кабельных каналах категории 6 уровень ANEXT на 20 дБ ниже, а их шенноновская пропускная способность на 4 Гбит/с больше. Невосприимчивые к наводкам от соседних кабельных каналов STP-системы идеально подходят для многих случаев применения, ведь экран из фольги защищает передаваемый сигнал от внешних низкочастотных и высокочастотных помех. В средах со сложной помеховой обстановкой это способствует уменьшению числа сбоев в работе сети.

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Можно предположить, что UTP-системы расширенной категории 6 будут поддерживать разрабатываемый стандарт 10-GbE при длине канала до 100 м. Тестирование показало, что UTP-системы расширенной категории 6 с минимальным запасом соответствуют требованиям по пропускной способности и уровню ANEXT. STP-кабели обеспечат более надёжную поддержку технологии 10-GbE. На основе существующих UTP-систем категории 6, параметры которых специфицированы в полосе частот до 250 МГц, можно будет реализовывать каналы 10-GbE длиной значительно меньше 100 м.

Распространённая точка зрения, что неэкранированный витопарный кабель всегда дешевле экранированного, в отношении сетей 10-GbE может быть и не верна. Чтобы снизить наводки ANEXT, диаметр кабеля расширенной категории 6 делают больше диаметра обычного кабеля - витые пары оказываются дальше от наружной поверхности оболочки кабеля. Однако, такая конструкция уменьшает гибкость кабеля, снижает плотность размещения его в кабелепроводах и кабельных лотках и делает его более дорогим.

До тех пор пока разработка стандарта на UTP-системы расширенной категории 6 не будет завершена, с развёртыванием этих систем связан риск несоответствия их окончательной версии стандарта. При этом не исключено, что заказчик окажется “привязанным” к фирменному решению конкретного производителя. Этот риск и меньшая плотность размещения кабелей могут привести к тому, что заказчику UTP-каналы расширенной категории 6 обойдутся дороже каналов на базе STP-кабеля. Но, стоит отметить, что в отличие от оптоволокна UTP- и STP-кабели работают с одним и тем же активным оборудованием, поэтому при выборе любого из этих типов кабелей расходы, связанные с покупкой активного оборудования, будут одинаковыми.

Ожидаемый стандарт IEEE 802.3ap описывает приложения 10GBASE-T класса E, работающие на кабелях категорий 6 и расширенной 6 (augment, 6A), а также приложения класса F работающие на витой паре (Таблица 2.4.4). Интересно отметить, что 10GBASE-T поддерживает меньшую длину канала построенного на кабеле Категории 6 / Класса E и не рассчитан на применение кабелей Категории 5e / Класса D.

Таблица 2.4.4. Поддерживаемая длина канала для приложений на витой паре IEEE 802.3ap 10GBASE-T

Канал	Стандарт	Наибольшая длина канала, м
Категория 6 / Класс E	TIA/EIA-568-B.2-1 ISO/IEC 11801:2002 2nd Ed.	Менее 55
Предлагаемая Augmented Category 6 / Класс E	Ожидаемая TIA SP-3-4426-AD1 (to be published as TIA/EIA-568-B.2-10) Ожидаемая ISO/IEC JTC 1/SC 25 N 981 A (to be published as amendment 1 to ISO/IEC 11801:2002 2nd Ed.)	100
Класс F	ISO/IEC 11801:2002 2nd Ed.	100

Выбирая разъём для кабелей категории 7, комитет ISO/IEC остановился на двух вариантах. Основной вариант совместим с модульными гнездами и разъёмами, и обеспечивает обратную совместимость с оборудованием категории 5, 5e и 6. Как и в обычной модульной вилке, в приложениях категории 5, 5e и 6 используются четыре пары контактов. Для приложений категории 7 активны только две крайних верхних пары и две пары внизу. Активные контакты для разных приложений представлены на Рис. 2.4.2.

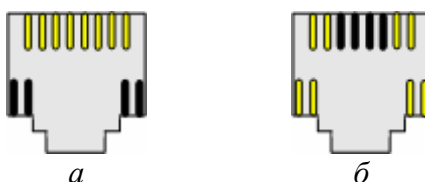


Рис. 2.4.2. Активные контакты в разъёме категории RJ-типа:
а – категории 5, 5e и 6 (верхние 8 контактов),
б – категория 7 (4 верхних контакта и 4 нижних)

Такой порядок обеспечивает лучшее разделение пар и достижение более высокой производительности. Аналогична схема расположения контактов в гнезде. Гнездо может

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

содержать выемку для штырька вилки, которая действует как переключатель, определяющий активные контакты.

Альтернатива – разъём TERA, разработанный фирмой Siemon специально для приложений категории 7. Этот вариант разъёма не соответствует конструкции RJ (Рис. 2.4.3). Когда такие коннекторы установлены в качестве комплексного решения TERA, они обеспечивают вдвое большую ширину полосы пропускания, чем требуют спецификации Категории 7 / Класса F. Полоса пропускания критична для таких требовательных приложений как, например, широкополосное видео с его верхним пределом частот 862 МГц. Широкополосное видео, скоростная передача данных и прочие приложения могут сосуществовать в пределах одного 4-парного кабеля с индивидуальным экранированием пар (SSTP). Патч-шнуры TERA предлагаются в 1-, 2-, и 4-парном варианте, что облегчает поддержку множественных приложений в одном и том же 4-парном (Рис. 2.4.4). Розетки TERA принимают 4-, 2- и 1-парные вилки. Гнёзда TERA можно использовать как на рабочем месте, так и в телекоммуникационном помещении.



Рис. 2.4.3. Коннекторы TERA 7 категории



Рис. 2.4.4. Патч-шнуры TERA в 4-, 2- и 1-парном исполнении

Обычно, активное сетевое оборудование поступает в продажу спустя 18 месяцев спустя принятия соответствующих стандартов. Следовательно, ожидать оборудование 10GBASE-T стоит к декабрю 2007 года. Ожидаемая стоимость в расчёте на порт будет вдвое выше, чем у оборудования 1000Base-T.

3. Беспроводные сети RadioEthernet

Беспроводные сети передачи данных (БСПД) позволяют объединить в единую информационную систему разрозненные локальные сети и компьютеры для обеспечения доступа всех пользователей этих сетей к единым информационным ресурсам без прокладки дополнительных проводных линий связи. В случае использования радиоканала в качестве общей среды передачи данных в ЛВС сеть называют RadioEthernet, иногда Wi-Fi.

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Название «Wi-Fi» – изобретение организации Wi-Fi Alliance (прежнее название WFA - Wireless Ethernet Compatibility Alliance – альянс по обеспечению совместимости беспроводных решений Ethernet). WFA пришла к выводу, что термин «IEEE 802.11b-compliant» («соответствующий стандарту IEEE 802.11b») слишком длинный и сложен для запоминания потребителем, которому нужна сертифицированная продукция. В то время «Wi-Fi» не значило ничего, но было созвучно с известным для потребителей названием «hi-fi». Впоследствии термин «Wi-Fi» стали расшифровывать как «wireless fidelity» (точность беспроводной передачи информации).

БСПД обычно создаются в тех случаях, когда прокладка кабельной системы затруднена или экономически нецелесообразна. Основные преимущества Wi-Fi:

- **Мобильность пользователей.** Технология позволяет пользователям перемещаться внутри зоны охвата беспроводной сети без перерыва в использовании ресурсами сети.
- **Скорость и простота развёртывания.** В отличие от проводных систем передачи информации, беспроводные сети RadioEthernet не требуют прокладки кабелей, занимающей, обычно, основное время при внедрении проводных сетей.
- **Гибкость.** Быстрая реструктуризация, изменение размеров и конфигурации сети RadioEthernet, подключение новых пользователей.
- **Сохранение инвестиций.** Беспроводные сети удобно использовать, если необходимо развернуть сеть на небольшой отрезок времени или есть вероятность переезда.
- **Возможность развёртывания там, где нельзя воспользоваться кабельными сетями:** наличие рек, озёр, болот и прочих препятствий, развёртывание сети на территории памятников архитектуры.

Для организации беспроводных сетей разработаны различные технологии передачи данных, а известные мировые производители, такие как Cisco, Avaya, 3Com, предлагают широкий спектр необходимого оборудования. Данное оборудование позволяет устанавливать соединение между абонентами удаленными на расстояние до 60 километров вне помещений. В закрытых помещениях - до 400 метров.

Основными стандартами построения сетей RadioEthernet являются стандарты группы IEEE 802.11. В неё входят следующие стандарты и спецификации:

802.11. Базовый стандарт RadioEthernet, разработан в 1997 году. Определяет протоколы, необходимые для организации беспроводных локальных сетей (WLAN). Он определяет протокол управления доступом к среде MAC (Medium Access Control) и протокол PHY передачи сигналов в физической среде. Стандартом 802.11 определён единственный подуровень MAC, взаимодействующий с тремя типами протоколов физического уровня, соответствующих различным технологиям передачи сигналов - по радиоканалам в диапазоне 2,4 ГГц с широкополосной модуляцией с прямым расширением спектра (DSSS) и перескоком частоты (FHSS), а также с помощью инфракрасного излучения. Спецификациями стандарта предусмотрены два значения скорости передачи данных - 1 и 2 Мбит/с.

802.11a. Опубликован в 1999 году, предусматривает скорость передачи данных до 54 Мбит/с. Стандартом определены три обязательных скорости: 6, 12 и 24 Мбит/с и пять необязательных - 9, 18, 36, 48 и 54 Мбит/с. В отличие от базового стандарта, ориентированного на область частот 2,4 ГГц, спецификациями 802.11a предусмотрена работа в диапазоне 5 ГГц. В качестве метода модуляции сигнала выбрано ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM). В отличие от технологий DSSS и FHSS, метод OFDM предполагает параллельную передачу полезного сигнала одновременно по нескольким частотам диапазона. В результате повышается пропускная способность канала и качество сигнала. Сети, построенные на основе этого стандарта, имеют 12 неперекрывающихся каналов.

802.11b. В окончательной редакции стандарт RadioEthernet был принят в 1999 году. В качестве базовой технологии передачи радиосигнала в нем используется метод DSSS с 8-разрядными последовательностями Уолша. Стандартом определены скорости передачи до 11 Мбит/с в диапазоне 2,4 ГГц. При ухудшении качества сигнала предусмотрено автоматическое снижение скорости вплоть до 1 Мбит/с. Возможно использование не более трёх неперекрывающихся каналов.

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск
802.11d. *Описывает требования и определения для физического уровня стандарта RadioEthernet 802.11 для передачи информации по разрешённым радиоканалам и с допустимым уровнем мощности сигнала.*

802.11e. *Вводит поддержку потокового мультимедиа гарантированного качества обслуживания (QoS) в сети 802.11.*

802.11f. *Описывает протокол обмена служебной информацией между точками доступа (Inter-Access Point Protocol, IAPP), что необходимо для построения распределённых беспроводных сетей передачи данных.*

802.11g. *Является логическим развитием 802.11b. Он предусматривает скорость передачи данных до 54 Мбит/с в полосе частот 2,4 ГГц. Стандарт RadioEthernet 802.11g обратно совместим с 802.11b, то есть любое устройство 802.11g должно поддерживать работу с устройствами 802.11b. В качестве базовой технологии передачи сигнала используется метод OFDM, опционально предусмотрено использование метода двоичного пакетного свёрточного кодирования (PBCC). Для построения сетей имеются три непрерывных частотных канала.*

802.11h. *Является дополнением существующих спецификаций 802.11 алгоритмами эффективного выбора частот, а также средствами управления излучаемой мощностью и генерации соответствующих отчётов. Протоколы, используемые в стандарте, предусматривают динамическое реагирование клиентов беспроводной сети на интерференцию радиосигналов путём перехода на другой канал, снижения мощности, либо обоими способами.*

802.11i. *Призван расширить возможности стандарта RadioEthernet 802.11 в области безопасности. Комплексная система обеспечения безопасности 802.11i включает в себя системы аутентификации, создания новых ключей для каждой сессии, управления ключами на базе технологии RADIUS (Remote Access Dial-In User Service), проверки подлинности пакетов и так далее.*

802.11n. *Обеспечивает повышение пропускной способности до 500 Мбит/с. Предназначен для достижения скоростей обмена данными вплоть до 500 Мбит/с. Этот стандарт в настоящее время активно прорабатывается.*

Цель исследовательской группы, работающей над стандартом 802.11n – определение необходимых модификаций как на физическом уровне, так и на уровне протокола управления доступом к среде (PHY/MAC), которые позволят добиться пропускной способности не менее 100 Мб/с в MAC SAP (service access point – точке доступа к службе). При правильной реализации удвоение старой полосы пропускания каналов 802.11 с 20 до 40 МГц позволяет добиться более чем двукратного роста пропускной способности используемых в настоящее время каналов. Совместное использование архитектуры многоэлементных антенн с более широкими частотными каналами предлагает возможность очень мощных, но всё ещё экономичных подходов к повышению физической скорости передачи данных – до 500 Мбит/с.

Система многоэлементных антенн в качестве и передатчиков, и приёмников называется MIMO (multiple-input multiple-output – много входов/много выходов), или система интеллектуальных антенн. Для повышения производительности беспроводных сетей системы MIMO используют одновременную передачу многих сигналов в беспроводную среду и приём многих сигналов из неё. Применение многоэлементных антенн позволяет системам MIMO использовать частотный спектр более эффективно, не снижая надёжность. Системы MIMO используют несколько разных антенн, настроенных на один и тот же канал, каждая передаёт сигналы с разными пространственными характеристиками. Каждый приёмник ожидает сигналов от каждого передатчика, делая возможным разнесение маршрутов распространения сигнала, при этом различные отражённые сигналы (обычно мешающие восстановлению сигнала) могут быть повторно сгруппированы для усиления нужных сигналов. Другое важное преимущество технологии MIMO обеспечивается пространственным разделением сигналов (SDM – Spatial Division Multiplexing). SDM пространственно уплотняет различные независимые потоки данных (по существу – виртуальные каналы) одновременно внутри одного частотного канала. Технология MIMO SDM может существенно повысить пропускную способность, поскольку приводит к увеличению числа разделённых в пространстве потоков данных. Для каждого пространственного потока необходима собственная пара приёмной/передающей (TX/RX) антенн на каждом конце линии связи. Важно понять, что технология MIMO требует наличия отдельного РЧ-тракта и аналогово-цифрового

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

преобразователя (АПЧ) для каждой антенны MIMO. Реализация антенны более чем с двумя RF-трактами должна быть тщательно проработана, чтобы удержать расходы на низком уровне и добиться ожидаемого повышения производительности.



Рис. 3.1. Принцип работы Wi-Fi с интеллектуальной антенной MIMO

Далее приводятся общие примеры организации беспроводных сетей.

Одноранговая локальная сеть RadioEthernet (Ad-hoc) строится с использованием беспроводных сетевых адаптеров, которыми оснащаются все компьютеры сети. Она не имеет подключения к проводной инфраструктуре (Рис. 3.2). Обязательное условие реализации такой сети - радиовидимость каждого с каждым.



Рис. 3.2. Одноранговая сеть

Если необходимо обеспечить возможность подключения пользователей к каким-либо общим ресурсам (серверам организации, Интернет и так далее), которые уже подключены к стационарной кабельной сети, нужно использовать точку беспроводного доступа. Она координирует работу беспроводных сетевых адаптеров (для подключения к Интернет ещё потребуется шлюз и модем или маршрутизатор, подключённый к сети провайдера). Радиовидимость каждого пользователя с каждым не обязательна. Для малых организаций, может быть достаточно и одной точки доступа (Рис. 3.3, а).

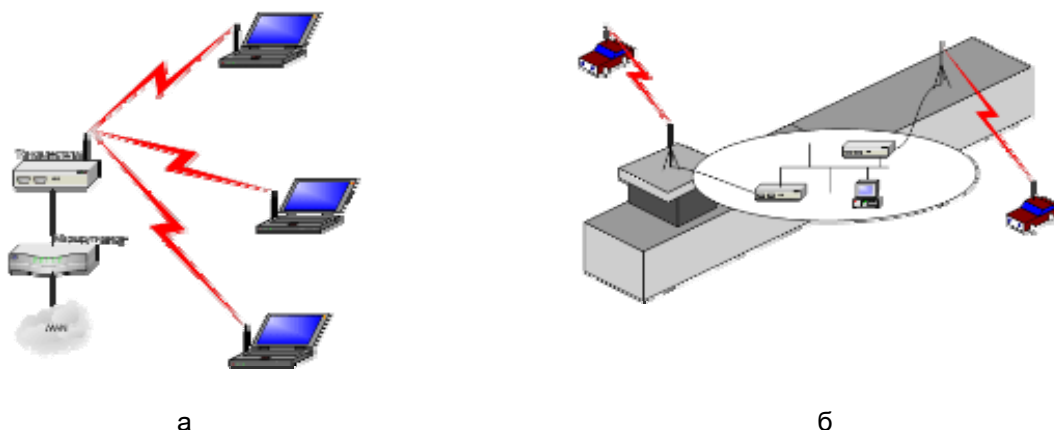


Рис. 3.3. Совместное использование RadioEthernet и кабельной ЛВС:

а - с одной точкой доступа, б - с несколькими точками доступа (сотаи)

Целый ряд задач, связанных с автоматизацией производственных и транспортных процессов, требует сбора информации мобильными абонентами и передачи её на удалённый сервер. При этом положение абонента может быть произвольным в пределах фиксированных зон покрытия многосотовой топологии. Для решения подобных задач нужно использовать точки доступа, подключённые к кабельной сети предприятия, в количестве, обеспечивающем радиопокрытие требуемой площади и беспроводные сетевые адаптеры со стороны абонента (Рис. 3.3, б). При необходимости, объединение точек доступа в единую сеть может быть выполнено с помощью беспроводных каналов.

Такие сети строятся на беспроводных мостах или маршрутизаторах, либо с использованием точек доступа (Рис. 3.4). Индивидуальные клиенты или сегменты сетей могут подключаться к сети RadioEthernet с помощью беспроводных сетевых адаптеров. В сетях, построенных на беспроводных маршрутизаторах, широковещательный трафик между сегментами сетей не передаётся, поэтому их производительность и управляемость выше, чем у сетей, построенных на беспроводных адаптерах.

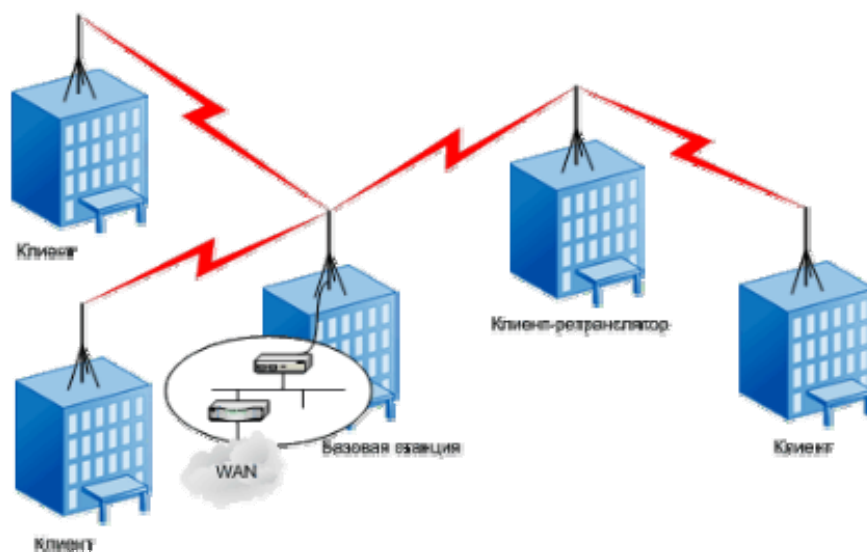


Рис. 3.4. Сеть с беспроводными ретрансляторами

4. Менее распространённые технологии ЛВС

4.1. Token Ring/IEEE 802.5

Token Ring (маркерное кольцо) — архитектура сетей с кольцевой логической топологией и детерминированным методом доступа, основанном на передаче маркера. Эта архитектура появилась на рынке в конце 70-х годов усилиями фирмы IBM. Кольцевая топология означает упорядоченную передачу информации от одной станции к другой в одном направлении, строго по порядку включения. Кольцевая логическая топология, как правило, реализуется на основе физической звезды, в центре которой находится устройство MSAU (Multi-Station Access Unit — многостанционное устройство доступа). Его часто именуют и MAU, но при этом возможна путаница с трансивером Ethernet. В любой момент времени передачу данных может вести только одна станция, захватившая маркер доступа (token). При передаче данных в заголовке маркера делается отметка о занятости, и маркер превращается в обрамление начала кадра. Остальные станции побитно транслируют кадр от предыдущей (upstream) станции к последующей (downstream). Станция, которой адресован текущий кадр, сохраняет его копию в своем буфере для последующей обработки и транслирует его далее по кольцу, сделав отметку о получении. Таким образом, кадр по кольцу достигает передающей станции, которая удаляет его из кольца (не транслирует дальше). Когда станция заканчивает передачу, она помечает маркер как свободный и передаёт его дальше по кольцу. Время, в течение которого станция имеет право пользоваться маркером, регламентировано. Захват маркера осуществляется на основе приоритетов, назначаемых станциям. За порядком в кольце следит активный монитор AM (Active Monitor) — одна из станций в сети, взявшая на себя эти функции. За активным монитором следят резервные — остальные станции сети, всегда готовые взять на себя функции активного. Станции могут включаться в кольцо и выключаться в произвольный момент времени. Безразрывность кольца при включении-отключении питания, а также при отсоединении (обрыве) кабеля, идущего к станции, обеспечивает устройство MSAU. Восстановление функционирования сети при нарушениях правил осуществляется протокольными функциями, выполняемыми всеми узлами

сети. Локализация отказавшего узла или кабельной линии осуществляется с помощью алгоритма бакенов (beacon), являющегося одной из функций MAC-уровня.

Детерминированность доступа подразумевает, что максимальная задержка в получении права на передачу предсказуема и определяется размером сети. С ростом активности узлов полоса пропускания, достающаяся каждому из узлов, сужается, но катастрофической (обвальной) деградации производительности (как в Ethernet) не происходит. Кроме того, механизм приоритетов и ограничения на время владения маркером позволяют привилегированным узлам выделять гарантированную полосу пропускания независимо от общей загрузки сети. Количество узлов в одном кольце не должно превышать 260 (сегмент Ethernet теоретически допускает 1024 узла). Скорость передачи — 4 или 16 Мбит/с в исходных версиях стандарта, в настоящее время доступно оборудование и на 100 Мбит/с, совместимое со 100VG-AnyLAN. Фирма IBM ведёт работу по гигабитной реализации сети. На скорости 16 Мбит/с размер кадра может достигать 18,2 Кбайт.

Стандарт на маркерное кольцо определён документом IEEE 802.5, который незначительно отличается от IBM Token Ring: в 802.5 нет явного указания на звездообразную физическую топологию и не определена конкретная среда передачи. Кроме того, 802.5 допускает только до 250 станций в сегменте (кольце), а IBM — 260 при использовании STP и 72 для UTP. Архитектура охватывает физический и MAC-уровень и работает под LLC-уровнем 802.2. Этим обеспечивается совместимость с другими технологиями локальных сетей (Ethernet, FDDI, 100VG-AnyLAN, ARCnet) — возможность связи через LLC-мосты.

Основное преимущество Token Ring — заведомо ограниченное время ожидания обслуживания узла (в отличие от Ethernet, не возрастающее при увеличении трафика), обусловленное детерминированным методом доступа и возможностью управления приоритетом. Топологические ограничения гораздо мягче, чем в Ethernet, — в одном кольце могут находиться станции, удалённые друг от друга на километры (медный кабель) и даже десятки километров (оптика). Имеются встроенные функции управления и самовосстановления, что без использования дополнительных средств определяет надёжность сети более высокую, чем у обычных сетей Ethernet. Архитектура позволяет строить сети произвольной конфигурации (ячеистые) — с избыточными связями, используемыми для повышения пропускной способности и надёжности — с применением обычных коммутаторов второго уровня. Расплатой за эти преимущества является сложность реализации адаптеров сети, обуславливающая высокую цену оборудования.

4.2. FDDI и CDDI

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) — стандартизованная спецификация для сетевой архитектуры высокоскоростной передачи данных по оптоволоконным линиям. Скорость передачи - 100 Мбит/с. Логическая топология - кольцо (двойное), метод доступа — детерминированный, с передачей маркера (token passing). Маркер доступа передается от станции к станции по кольцу, правом на передачу данных обладает станция, захватившая маркер. При единственности маркера в кольце может одновременно продвигаться множество кадров. Технология обеспечивает передачу синхронного и асинхронного трафика. Для передачи синхронного трафика на этапе инициализации кольца определяется полоса пропускания, отводимая каждой станции для передачи. Для асинхронного трафика может отводиться вся остающаяся полоса пропускания кольца. Реальная пропускная способность кольца может достигать 95 Мбит/с, но при значительных задержках в обслуживании. При минимизации задержек пропускная способность может падать и до 20 Мбит/с.

Максимальное количество станций в сети — до 500 с двойным кольцом и до 1000 с одинарным. Расстояние между станциями до 2 км при многомодовом и до 45-60 км при одномодовом кабеле, длина двойного кольца до 100 км, одинарного — до 200 км. Технологию FDDI можно рассматривать как развитие Token Ring, направленное на повышение производительности, отказоустойчивости и увеличения размеров сети, как по количеству узлов, так и по расстоянию. Повышение отказоустойчивости достигается за счёт применения двух колец — вторичное (резервное) кольцо замыкает цепочку станций в случае обрыва (отказа) линии связи между парой соседних станций или отказа станции. Технологию FDDI относительно легко интегрируется с Ethernet и Token Ring, благодаря чему ее широко используют в качестве высокоскоростной магистрали для этих технологий. Цена

оборудования высокая, что не позволяет применять данную технологию для рядовых рабочих мест. Хотя FDDI считается технологией локальных сетей, в основном она применяется для высокоскоростных магистралей (backbone) кампусных и городских сетей. FDDI используется и для объединения больших и мини-компьютеров, мощных рабочих станций, подключения периферии с интенсивным обменом.

Первоначально стандарт FDDI разрабатывался группой ANSI X3T9.5 (1987-1988 гг.), после 1995 года - ANSI X3T12. Стандарты ISO 9314-xx появились несколько позже, они соответствуют спецификациям ANSI. В 1993 г. появился стандарт FDDI-II, в котором определён дополнительный режим гибридного кольца для одновременной передачи изохронного и асинхронного трафика. Станции FDDI-II совместимы с FDDI, но совместно работать могут только в базовом режиме FDDI. Оборудование FDDI-II широкого распространения не получило.

Чисто электрическую реализацию архитектуры FDDI на витой паре называют также CDDI (Copper Distributed Data Interface) или же TPDDI (Twisted Pair Distributed Data Interface). CDDI подразумевает использование экранированного кабеля STP Type 1. По сравнению с оптическим вариантом эти технологии существенно дешевле, но допустимая длина линий связи между узлами сокращается до 100 м. По сравнению с оптической, электрические версии менее стандартизованы и совместимость оборудования разных производителей не гарантируется.

5. Выбор типа проводки

Обычно, при проектировании сети тип проводки выбирают исходя из технических условий обеспечения связи. Реже задумываются о вопросах конфиденциальности передаваемой информации и влиянии кабелей сети на здоровье. «Медные» кабели, своим электромагнитным излучением влияют не только друг на друга, но и на человека. Однако, в литературе по сетям этот вопрос рассматривается вскольз. Обычно, пишут, что излучение следует учитывать при прокладке сети в жилых помещениях и медицинских учреждениях. В этом смысле, экранированные кабели, при качественном исполнении, намного благополучней, чем UTP. Да и для съёма информации (при качественно-выполненной проводке и заземлении) потребуется прямое подключение. Однако, она ставит перед разработчиком сети свои специфические условия. Достаточно посмотреть международный Стандарт на универсальную кабельную систему для помещений заказчика ISO/IEC IS 11801 Information Technology. Generic cabling for customer premises и европейский - EN 50173 Information Technology. Generic cabling system принятые в 1995 году. Статья 10 «Shielding practice» ISO/IEC IS 11801 и статья 9 «Screening practice» EN 50173 дают общие указания по экранированию и заземлению, если применяемые кабели имеют общий экран или экранированные элементы. Итак. Непрерывность экрана должна обеспечиваться по всей длине канала, включая абонентские, коммутационные шнуры и шнуры подключения коммуникационного оборудования. Соединительная аппаратура не должна ухудшать эффективность экранирования. Все экраны должны соединяться в каждом телекоммуникационном помещении TC (Telecommunication Closet). Обычно, для этого используются металлические каркасы шкафов и стоек. Все металлические части должны соединяться с проводом заземления. Этот провод рекомендуется соединять с заземлителем, используемым для силового электропитания здания. Разность потенциалов заземления по всему зданию не должна превышать 1 Вольт. Если этого не удаётся достичь, рекомендуется применять оптику.

Оптоволоконные сети принято считать очень дорогими, однако за последние десять лет стоимость их компонентов и инсталляции существенно снизилась. Развёрнутая централизованная оптоволоконная система может обойтись заказчику всего на 5% дороже традиционной UTP-системы категории 6. К тому же, применение оптоволокна обеспечивает максимальную плотность размещения кабельных каналов, что также способствует снижению затрат на развёртывание сети. Оптоволоконная система позволяет увеличить степень централизации сети. Это облегчает её обслуживание, уменьшает площадь и количество помещений, задействованных под сетевое оборудование, уменьшаются расходы на администрирование системы, потери от простоев системы, вызванные недостаточной оперативностью администрирования, и затраты на последующую модернизацию системы по мере развития технологии передачи данных. Проблема заключается в том, что все эти

работы при калькуляции затрат разнятся по разным группам. Так, в стоимость установки экранированной медной кабельной системы не включаются затраты на создание системы телекоммуникационного заземления сопротивлением 1 Ом, цена ремонта помещений попадает в смету строительных работ, а стоимость системы вентиляции теряется в общем перечне закупаемых на все здание кондиционеров и прочей хозяйственной утвари. Но как бы то ни было, за всё это платит заказчик. Таким образом, необходимо учитывать все перечисленные затраты и на этом основании сопоставлять разные варианты построения системы.

6. Источники VCSEL

Источники VCSEL (vertical-cavity, surface-emitting laser; читается как «виксел») — это лазеры с поверхностным излучением вертикального резонатора. VCSEL — один из новейших типов полупроводниковых лазеров. Коммерческий выпуск таких источников начался в середине — конце 90-х годов. Они имеют несколько важных характеристик, делающих их привлекательными для применения в качестве недорогих, высокопроизводительных источников.

При производстве полупроводникового лазера он «выращивается» на круглом диске, называемом подложкой. Одна подложка может содержать сотни или тысячи отдельных лазеров. Традиционные лазеры с торцевым излучением невозможно протестировать до тех пор, пока подложка не будет разделена на отдельные лазеры. Выход изделий (отношение годных лазеров к общему их числу) получается низким, и требуется отделять годные лазеры от дефектных, что представляет трудоемкую задачу. Лазеры VCSEL можно тестировать прямо на подложке и отделять только годные изделия. Это снижает стоимость на стадии производства.

Первые лазеры VCSEL работали в «окне» 850 нм и предназначались для многомодовых волоконно-оптических кабелей. Вероятно, следующие поколения этих устройств будут работать с длиной волны 1300 нм и другими «окнами», поддерживая одномодовые и многомодовые волоконно-оптические кабели. Одним из дополнительных преимуществ VCSEL по сравнению с лазерами с торцевым излучением является круглый, а не эллиптический луч. Это означает попадание большей части энергии в оптическое волокно. Такие источники легко стыкуются с 50- или 62,5-мкм оптическим волокном. Хотя луч у VCSEL шире, чем у высокопроизводительного лазера, данный источник обладает дополнительными преимуществами хорошего сопряжения с оптическим волокном. Благодаря VCSEL, 50/125-мкм оптическое волокно может представлять интерес для создания локальных сетей с более высокой пропускной способностью. 62,5/125-мкм оптическое волокно всегда было предпочтительнее, поскольку обеспечивает лучшую стыковку светодиода (light-emitting diode, LED) с волокном: в волокно попадает больше света. Недостаток — малая пропускная способность на короткой длине волны (850 нм). Источники VCSEL превосходно сопрягаются с оптическим волокном 50/125 мкм. При длине волны 850 нм 62,5/125-мкм оптическое волокно имеет пропускную способность 160 МГц·км, а 50/125-мкм оптическое волокно — пропускную способность 500 МГц·км. Это означает, что 50/125-мкм оптическое волокно поддерживает более высокую скорость передачи данных.

Одна из причин выбора для проводки внутри помещений кабеля 62,5/125 мкм заключается в его лучшей стыковке с источниками LED (кабелем поглощается большая оптическая мощность источника). Считалось, что 50/125-мкм оптическое волокно не столь эффективно для использования с недорогими источниками LED. Источники VCSEL изменили данную ситуацию. Тонкий круглый луч такого источника обеспечивает его хорошую стыкуемость как с 62,5/125-мкм, так и с 50/125-мкм оптическим волокном.

Лазеры с торцевым излучением имеют размер пятна всего в 8 — 10 мкм, а потому хорошо подходят для малого диаметра сердечника одномодового волоконно-оптического кабеля. С другой стороны, у светодиодных источников пятно составляет в диаметре 100 мкм (а часто и больше), что больше диаметра ядра многомодовых волоконно-оптических кабелей. Это условие называется «переполнением» оптического волокна, так как свет попадает и в сердечник, и в оболочку. Это снижает эффективность оптического волокна, ограничивает пропускную способность и расстояние передачи. Источники VCSEL занимают

пятна 30 – 40 мкм. Они недороги и совместимы с многомодовыми волоконно-оптическими кабелями, для которых обычно применяются источники LED. Как и у традиционных лазеров, у них высокое быстродействие, малая ширина спектра и размер пятна. Как следствие - эти источники могут оказать существенное влияние на экономичность и производительность систем, особенно в таких приложениях как высокоскоростные сети.

7. Пластиковое оптическое волокно

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Сегодня для большинства офисных и административных зданий применяются универсальные структурированные кабельные системы (СКС), построенные в соответствии с международным стандартом ISO11801 второй редакции (сентябрь 2002 года). В качестве среды передачи стандарт предполагает использование симметричных медных кабелей типа "витая пара" (различных категорий) или волоконно-оптических кабелей со стеклянными многомодовыми или одномодовыми волокнами.

О достоинствах первой и второй сред передачи было сказано достаточно. Пора поговорить и о недостатках. На современном этапе развития информационных технологий зачастую сталкиваются с тем, что в кабельных системах, усложняется контроль проблем, связанных с электромагнитной совместимостью (ЭМС), технической защитой информации, заземлением и разностями потенциалов между телекоммуникационными устройствами.

Идеальная среда передачи – та, которая смогла бы объединить в себе стоимость медных решений и преимущества волоконно-оптических. И такая среда – это кабели с пластиковыми оптическими волокнами, в которых в качестве материала сердцевины используется полистирол (PS), поликарбонат (PCBA), полиметакрилат (PMMA) или перфторполимер.

Если СКС построить на волоконно-оптических кабелях с пластиковыми оптическими волокнами (Plastic Optical Fibre, POF), то стоимость этого решения будет сравнима с ценой медных решений. При этом вопросы электромагнитной совместимости (ЭМС), технической защиты информации, заземления и разностей потенциалов между телекоммуникационными устройствами будут полностью решены.

Итак, за счёт каких же факторов обеспечивается сравнительно небольшая стоимость СКС, построенной на волоконно-оптических кабелях с пластиковыми оптическими волокнами? Во-первых, это малая стоимость самих кабелей с пластиковыми оптическими волокнами. Во-вторых, низкие требования к прецизионности разъёмных соединений для пластиковых волокон и, как следствие, их также небольшая стоимость. В-третьих, лёгкость и быстрота оконечивания пластиковых волокон, когда не требуется выполнения сложных операций, специфического оборудования и расходных материалов, а также нет необходимости в высокой квалификации монтажного персонала. И, наконец, в-четвёртых, низкая стоимость излучателей и приёмников активного оборудования благодаря большой числовой апертуре волокна. К достоинствам решения также можно отнести большой диаметр сердцевины пластикового волокна (Рис. 7.1), что обеспечивает нечувствительность разъёмных соединений к повреждениям в виде мелких царапин и налипания пылинок или твёрдых частиц. Кстати, именно благодаря этому пластиковые оптические волокна применяются в бытовой и медицинской технике, авиа- и автомобилестроении. Правда, диаметр высокопроизводительного пластикового оптоволокна последних разработок (которое будет описано дальше) тоньше в сравнении с тем, что показан на рисунке. Но, всё равно, он намного превосходит диаметр стеклянных волокон.

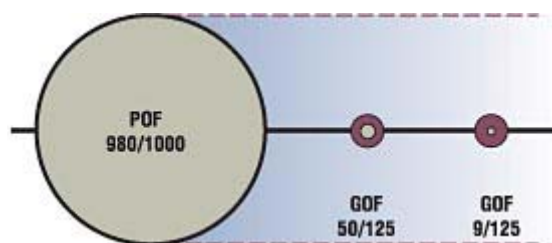


Рис. 7.1. Сравнительные размеры стеклянных и пластиковых волокон

Требования к характеристикам пластиковых оптических волокон приведены в стандарте IEC 60793-2-40 (2002-01) Optical fibres – Part 2-40: Product specification for category A4 multimode fibres. Стандарт описывает пластиковые многомодовые оптические волокна типов A4a, A4b, A4c и A4d (Таблица 7.1). Данные волокна могут быть использованы при изготовлении оборудования передачи данных и построении волоконно-оптических кабельных систем при дальности передачи сигналов до 100 м.

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Таблица 7.1. Механические и оптические требования стандарта IEC 60793-2-40 к пластиковым оптическим волокнам разных типов

Параметр	Единица измерения	Значение
Пластиковые волокна типа A4a		
Диаметр оболочки	мкм	1000 я 60
Диаметр защитного (первичного) покрытия	мм	2,2 я 0,1
Затухание при $\lambda=650$ нм	дБ / 100 м	≤ 40
Полоса пропускания, $\lambda=650$ нм	МГц x 100 м	≥ 10
Теоретическое значение числовой апертуры	-	0,50 я 0,15
Пластиковые волокна типа A4b		
Диаметр оболочки	мкм	750 я 45
Диаметр защитного (первичного) покрытия	мм	2,2 я 0,1
Затухание при $\lambda=650$ нм	дБ / 100 м	≤ 40
Полоса пропускания, $\lambda=650$ нм	МГц x 100 м	≥ 10
Теоретическое значение числовой апертуры	-	0,50 я 0,15
Пластиковые волокна типа A4c		
Диаметр оболочки	мкм	500 я 30
Диаметр защитного (первичного) покрытия	мм	1,5 я 0,1
Затухание при $\lambda=650$ нм	дБ / 100 м	≤ 40
Полоса пропускания, $\lambda=650$ нм	МГц x 100 м	≥ 10
Теоретическое значение числовой апертуры	-	0,50 я 0,15
Пластиковые волокна типа A4d		
Диаметр оболочки	мкм	1000 я 60
Диаметр защитного (первичного) покрытия	мм	2,2 я 0,1
Затухание при $\lambda=650$ нм	дБ / 100 м	≤ 40
Полоса пропускания, $\lambda=650$ нм	МГц x 100 м	≥ 100
Теоретическое значение числовой апертуры	-	0,30 я 0,05
<i>Примечание: диаметр сердцевины на 15 - 35 мкм меньше, чем диаметр оболочки волокна</i>		

Оконечивание (называемое так же, заделка, терминирование) пластиковых оптических волокон в разъёмах на рабочих местах может быть реализовано различными способами. Существуют разъёмные соединения, построенные по симметричной схеме - как для стеклянных оптических волокон (коннектор – адаптер – коннектор). К разъёмам этого типа относятся ST-, F-SMA-, FC-интерфейсы. Однако наибольшее распространение получили разъёмы, построенные по несимметричной схеме. К несимметричным разъёмам относятся дуплексные F07 и симплексные F05. Эти типы разъёмов, в частности, приняты в качестве стандартных для оборудования IEEE 1394b (Apple FireWire, SONY i-Link).

Стоит отметить, что до последнего времени лишь пластиковые оптические волокна коммерческого применения имели шаговый коэффициент преломления и изготавливались из не фторсодержащих полимеров, таких как полиметилметакрилат (polymethylmethacrylate - PMMA). Эти причины объясняют большое затухание (вплоть до 250 дБ/км) и высокую дисперсию, и как следствие, малую полосу пропускания (около 5 МГц/км). В своём применении они ограничены приложениями, использующими линии связи длиной до 50 метров, и работающими на скоростях до 100 Мбит/с. Также, материал традиционных полимерных оптоволокон, таких как полиметилметакрилат, имеет сильное поглощение в ближней инфракрасной области. В результате, эти волокна могут быть задействованы в нескольких диапазонах волн видимого спектра, обычно, 530 нм и 650 нм. Но все гигабитные системы работают в ближней инфракрасной области (850 нм, 1300 нм ...), в которой полиметилметакрилат и подобные полимеры явно проигрывают.

Последнее поколение пластикового оптоволокна производится из перфторполимеров (polyperfluoro-butenylvinylether, полиперфторбутинилвинилен (?)). Данный материал имеет очень низкое поглощение в ближней инфракрасной области – порядка 10 дБ/км (для сравнения, стеклянное оптоволокно – до 3,5 дБ/км). Указанное свойство позволяет применять его в гигабитных приложениях на расстояниях до нескольких сотен метров. К тому же, возможно изготовление пластикового оптического волокна с градиентным показателем преломления сердцевины, Graded Index Plastic Optical Fibre (GI-POF), его полоса пропускания более чем в 100 раз больше чем у традиционного POF. Волокна данного типа являются последним достижением в области производства POF. На существующем коммерчески-доступном активном сетевом оборудовании, они делают возможной работу на скорости Gigabit Ethernet на расстояниях до 300 метров, а 10-Gigabit Ethernet – до 100 метров.

Начало производству оптоволокна из перфторполимеров уже положено. В промышленных объемах указанное оборудование будет доступно в 2006 году.

В качестве примера, в Таблице 7.2 приведены некоторые характеристики пластикового оптоволокна GigaPOF-120SR выпускаемого Chromis Fiberoptics. Оно позволяет строить линии длиной 100 м для Gigabit Ethernet и до 200 м – для Fast Ethernet. Волокно серии GigaPOF можно легко заделывать простым недорогим инструментом. При этом оно допускает прокладку и длительное использование с изгибами радиусом от 10 мм.

Таблица 7.2. Выборочные характеристики GigaPOF-120SR

Передаточные характеристики		
Затухание на 850 нм	дБ / км	≤ 60
Затухание на 1300 нм	дБ / км	≤ 60
Полоса пропускания на 850 нм	МГц x км	≥ 300
Числовая апертура	-	0,185 я 0,015
Физические характеристики		
Диаметр сердцевины	мкм	120 я 10
Диаметр оболочки	мкм	490 я 7
Отклонение от соосности между сердцевинной и оболочкой	мкм	≤ 5
Наибольшее растягивающее усилие	Н	7,0

Волокна описанного типа уже делают возможным передачу данных со скоростью 10Гбит/с на дальность свыше 100 метров, что продемонстрировано 9 марта 2006 года на OFC/NFOEC, Stand 1226, Anaheim, California.

С целью продвижения на рынке технологии высокоскоростного пластикового оптоволокна, создана группа POF@10G, в которую входят: Archcom Technologies Inc, Asahi Glass Company Ltd., Chromis Fiberoptics, Nexans, Phyworks Ltd, Picolight Corporation.

Описанные свойства позволяют считать технологию передачи данных по оптическим кабелям GI-POF альтернативой IEEE 10GBASE-T. В сравнении с которым, обещано сокращение стоимости на 50%, а потребление энергии на 75%. В отличие от прежних пластиковых волокон, работавших в видимом оптическом диапазоне и ориентированных на работу со светодиодами, новое волокно ориентировано на работу с лазерами VCSEL и приёмников ROSA (Receive Optical Sub Assembly). Рабочий диапазон 850 нм. Оптический приёмно-передающий модуль с EDC (Electronic Dispersion Control - электронный контроль дисперсии) потребляет менее 1,5 Вт.

Вывод

Сетевые технологии находят всё более широкое применение в разных сферах профессиональной деятельности и в быту (домашние сети, интеллектуальные здания ...). Их характеристики постоянно улучшаются. Самой распространённой технологией локальных вычислительных сетей остаётся Ethernet. На сегодняшний день, развитие технологий локальных сетей, главным образом, идёт в сторону увеличения быстродействия, длины канала и доступности для конечного пользователя, что связано с их удешевлением. Появляются новые кабели с лучшими параметрами. Последний взятый скоростной рубеж – 10 Гбит/с. С развитием технологий ЛВС, грань между локальными и более масштабными сетями сглаживается. Например, Гигабитный Ethernet на одномодовом оптическом волокне может иметь длину канала порядка 100 километров (без ретрансляторов). Проблемы свойственные системам с «медным» кабелям и постоянное снижение цен на «оптику» создают предпосылки для её широкого применения - вплоть до рабочего места. Возможно, движение в данном направлении ускорится после широкого выхода на коммерческий рынок высокоскоростного пластикового оптического волокна (о котором написано выше). Технологии беспроводного доступа, несмотря на свою относительную дороговизну, находятся в стадии бурного развития, в основном, в сторону увеличения безопасности и скорости передачи. Отсутствие потребности в кабельной сети – главное их преимущество, дающее пользователям свободу перемещения, а провайдерам - один из вариантов решения проблемы «последней мили».

Список использованных источников и литературы

каф. Вычислительной техники, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

1. Гук М.: *Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия.* – СПб: Издательство «Питер», 2000. – 576 с.: ил.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А.: *Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 2-е изд.* – СПб.: Питер, 2003. – 864 с.: ил.
3. Стерлинг Дональд Дж. мл., Бакстер Лес.: *Кабельные системы. 2-е издание.* – М: Издательство «ЛОРИ», 2003

Ресурсы Интернет:

4. ВИСТ Групп: <http://www.vistlan.ru/>
5. Сети и системы связи: <http://www.ccc.ru/index.html>
6. [daily.sec.ru:](http://daily.sec.ru/) <http://daily.sec.ru/>
7. Chromis Fiberoptics: <http://www.chromisfiber.com/>
8. Intel: <http://www.intel.ru>
9. The Siemon Company: <http://www.siemon.com/> , <http://www.siemon.com/ru/>