

Основные технологии передачи оптических сигналов.

В настоящее время существует два основных типа сетей передачи данных: глобальные и локальные. Между ними находятся городские сети передачи данных, которые в зависимости от размера можно относить как к глобальным, так и к локальным сетям. Основной средой передачи существующих сетей является кабель (с медными жилами или оптическими волокнами). В некоторых случаях используются открытые каналы связи, но их применение крайне ограничено из-за большой зависимости от состояния среды распространения оптических сигналов. Глобальная сеть имеет аббревиатуру WAN, от английских слов Wide-Area Network (сеть, охватывающая широкие территории или территориально-распределенная сеть). Это системы связи с широкополосными каналами, предназначенные для передачи данных и обеспечивающие связь между абонентами, разделенными друг от друга сотнями километров. К таким сетям относятся все сети, ширина охвата которых распространяется на большие территории, например, все междугородные и международные телефонные сети представляют собой WAN. Такие сети способны переносить цифровые данные, голос, данные локальных сетей, электронную почту, видео и пр.

Кроме сетей WAN, существуют сети MAN (Metropolitan Area Network) - городские телефонные сети, которые поддерживают связь на расстоянии до 100 километров. Остальные сети, охватывающие небольшие населенные пункты, предприятия, офисы компаний, являются локальными сетями LAN (LAN – Local-Area Network – сеть местного значения). К ним относятся, например, корпоративные сети связи, сети кабельного телевидения, местные сети передачи данных и другие сети, эксплуатируемые ограниченным кругом пользователей.

Параллельно с сетями передачи данных эксплуатируются традиционные телефонные сети общего пользования, которые разделяются на аналоговые и цифровые. Аналоговые сети, работающие с сигналами тональной частоты диапазона 0,3 – 3,4 кГц, значительно дешевле и проще цифровых из-за отсутствия в составе оконечного оборудования сложных кодеров и декодеров. Однако динамический диапазон сигналов, передаваемых по ним (а он определяется отношением сигнал-шум на входе приемника), должен быть очень большим, что ограничивает ширину полосы пропускания. На качество передачи, кроме того, сильно влияют температура и влажность, которые изменяют параметры активного оборудования. Для передачи непосредственно цифровых сигналов по аналоговым сетям используется модем, который преобразует цифровой сигнал в аналоговый. На другом конце линии происходит обратное преобразование.

По цифровым телефонным сетям информация передается в виде двоичного кода. Для этого на АТС аналоговый сигнал из абонентской линии преобразуют в цифровой вид с помощью квантования (разбиения его на ряд мгновенных амплитудных значений с последующим преобразованием величины каждого из значений в цифровой код). На другой АТС сигнал претерпевает обратные изменения и доставляется в аналоговом виде адресату. Такой способ передачи является гораздо более помехоустойчивым, а качество передачи поддерживается на высоком уровне независимо от длины линии. Участок между АЦП (аналогово-цифровым преобразователем) АТС1 и ЦАП (цифро-аналоговым преобразователем) АТС2 называется цифровым каналом.

Элементарный цифровой канал телефонной сети – дуплексный канал между двумя абонентами, в котором скорость передачи равна 64 кбит/с. На участке АТС 1 – АТС 2 с помощью различных методов уплотнения можно одновременно разместить в одной физической линии много каналов, их количество зависит от приемопередающей аппаратуры. Для того чтобы поместить в линии связи много каналов применяют временное уплотнение, называемое иногда мультиплексированием с разделением по времени. Существует два стандарта мультиплексирования – европейский (Е) и американский (Т) (напомним, что стандарт – это документ, определяющий правила, рекомендации и характеристики процедур, направленных на упорядочивание и оптимизацию каких-либо структур). По европейскому стандарту (он обозначается буквой Е) количество уплотняемых каналов увеличивается с каждой следующей ступенью иерархии в 4 раза, начиная с 32. При этом цифровая система связи первого уровня имеет скорость передачи 2,048 Мбит/с ($64 \text{ кбит/с} * 32 = 2048 \text{ кбит/с}$) и образуется в результате временного объединения 32 индивидуальных телефонных каналов, передающих информацию со скоростью 64 кбит/с каждый. В результате объединения четырех каналов первого уровня образуется цифровая система связи второго уровня и т.д.

Европейский стандарт			Американский стандарт		
Иерархия	Кол-во каналов	Скорость передачи	Иерархия	Кол-во каналов	Иерархия
	1	64 кбит/с		1	64 кбит/с

E1	32	2,048 кбит/с	T1	24	1,544 Мбит/с
E2	128	8,488 Мбит/с	T2	96	6,312 Мбит/с
E3	512	34,368 Мбит/с	T3	672	44,736 Мбит/с
E4	2048	139,264 Мбит/с	T4	4032	274, 176 Мбит/с

В зависимости от вида синхронизации существуют два вида иерархии цифровых каналов: плезиохронные каналы (PDH) и синхронные каналы (SDH, в США - SONET). Термин «плезиохронность» означает «почти синхронность». В плезиохронных каналах (PDH) каналообразующая аппаратура разных узлов синхронизируется от своих собственных генераторов, частоты которых совпадают или близки друг к другу, но другие параметры сигналов синхронизации могут отличаться друг от друга. Поэтому для выравнивания и согласования скоростей передачи необходимо применять дополнительные аппаратные и программные средства.

В синхронных цифровых каналах (в Европе - SDH, а в США – SONET (Synchronous Optical Network) – синхронная оптическая сеть) синхронизация осуществляется с помощью синхронного транспортного модуля (STM), который представляет собой специально созданный пакет сигналов, в который входят передаваемая информация (или ее часть), сигналы сигнализации, служебной информации и синхронизирующие сигналы. Для каждой стандартной скорости передачи существует соответствующий ей STM:

Скорость передачи, Мбит/с	SDH
51,84	STM-0
155,52	STM-1
622,08	STM-4
2488,32	STM-16
9953,28	STM-64

Благодаря такой синхронизации, любой канал младшего уровня может быть выделен или введен в любой канал старшего уровня, не затрагивая остальных каналов. Это происходит на стадии мультиплексирования (демультиплексирования). Каналы SDH совместимы с каналами PDH, и могут работать как в телефонных сетях, так и в сетях передачи данных. Основным преимуществом SDH по сравнению с PDH является принцип прозрачности процесса создания цифрового потока. В соответствии с этим принципом, любой первичный канал 64 кбит/с можно выделить из всего потока (вплоть до 2,4 Гбит/с) и наоборот. В сетях PDH такая процедура невозможна – для этого необходимо демультиплексировать весь поток информации, затем выделить из него необходимое сообщение и выполнить мультиплексирование заново.

Глобальные сети связи.

ISDN

ISDN – полностью цифровая сеть с возможностью объединения в одном потоке информации от различных служб (аудио, видео, передача данных, телевидение, телефония, охранные и пожарные сигнализации и т.д.). Преобразование аналоговых сигналов в цифровые происходит в устройствах, находящихся у абонента. При этом различные устройства, такие как телефоны, компьютеры, факсы и пр. могут одновременно передавать и принимать цифровые сигналы. Сама сеть ISDN построена по принципу распределенного на большой территории цифрового коммутатора. Это цифровой вариант аналоговых телефонных линий с коммутацией цифровых потоков, или, иначе, сеть из цифровых телефонных станций, соединенных друг с другом цифровыми каналами.

Передача информации в сетях ISDN осуществляется с помощью В-каналов (bearer channel – несущий канал), которые создаются между парой абонентов. Соединение создается с помощью служебной информации, передаваемой по дополнительному D-каналу (delta channel). Каждый В-канал после установления соединения поддерживает скорость передачи 64 кбит/с.

Основной отличительной особенностью сети ISDN от обычной аналоговой телефонной сети является то, что ISDN-станции обеспечивают коммутацию цифровых, а не аналоговых, потоков. В последнее время появилось много аналоговых АТС, использующих цифровую коммутацию аналоговых сигналов. В отличие от

таких станций, коммутаторы ISDN коммутируют именно цифровые потоки. Преобразование аналоговых сигналов в цифровые происходит на оборудовании конечных пользователей, в связи с чем ISDN-станция имеет возможность коммутировать однородные цифровые потоки, "не зная", что же именно в данный момент передается по каналу.

Другой особенностью ISDN является реализация принципа единой распределенной телефонной станции. Все станции в рамках одной ISDN-сети логически объединены в одну большую станцию и абонентами могут рассматриваться в качестве единого ISDN-комплекса. Это позволяет оптимизировать нагрузку на каналы связи, а также предоставляет ряд услуг, не принятых в аналоговой телефонии (например, введение единого плана номеров).

Кроме того, ISDN-станция может осуществлять автоматическую маршрутизацию соединений, что особенно важно в случаях, когда между станциями имеется несколько альтернативных путей соединения и необходимо выбрать наиболее оптимальный.

Для увеличения возможностей ISDN была разработана система общей канальной сигнализации №7, с помощью которой осуществляется обнаружение и исправление ошибок в сети.

Основным недостатком ISDN является ограничение скорости передачи величиной 1920 кбит/с, а оборудование некоторых производителей нуждается в адаптации к требованиям сети по совместной работе с другим оборудованием.

Дальнейшим развитием обычной узкополосной ISDN (N-ISDN) явилась B-ISDN – широкополосная ISDN (Broadband ISDN). Это высокоскоростная технология, использующая в качестве транспортного механизма ATM (Asynchronous Transfer Mode – асинхронный режим передачи). При этом появилась возможность передачи как низкоскоростной, так и высокоскоростной информации.

АТМ.

АТМ представляет собой по сути технологию, первоначально использовавшуюся в глобальных сетях, которая впоследствии распространилась и на локальные сети. По этой технологии передача данных осуществляется с помощью высокоскоростных коммутирующих систем, называемых коммутаторами АТМ. В глобальной сети АТМ используется для связи между отдельными городами и странами. В локальных сетях она внедряется в качестве технологии передачи по магистрали, что обеспечивает большие скорости передачи данных. Чаще всего АТМ применяется для организации связи между центральными коммутаторами рабочих групп, поддерживающих большое количество подключений.

В отличие от других технологий локальных сетей, АТМ использует стратегию передачи данных, ориентированную на предварительное установление соединения. Перед отправкой данных сначала посылается запрос на установление соединения, и только когда будет получено подтверждение начинается процесс передачи.

В сети АТМ все конечные станции подключены к портам коммутатора. Когда какое-либо устройство запрашивает соединение с другим устройством, коммутаторы, к которым оно подключено устанавливают такое соединение, определяя при этом оптимальный маршрут передачи. Информация при этом передается в ячейках фиксированного размера в 53 байта, 48 из которых предназначены для передачи полезной информации, а оставшиеся 5 байт несут служебные сигналы. Фиксированный формат ячеек упрощает их обработку и позволяет проводить ее с большой скоростью.

Несмотря на свои достоинства, АТМ сегодня внедряется очень медленно. Это происходит из-за дороговизны и сложности оборудования. Такая технология может появиться на рабочем месте пользователя только, когда выполняемые приложения потребуют высокоскоростной транспортной службы.

Сети X.25.

Принцип работы сетей X.25 основан на коммутации пакетов (серии последовательных кадров, общим размером 4096 байт) между конечными узлами. В состав оборудования этих сетей входят: оконечное оборудование пользователей, телекоммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети и коммутаторы пакетов, образующие непосредственно сеть (облако сети).

Сети X.25 обеспечивает гарантированную доставку данных, их целостность и контроль потока. Адресация узлов (конечных пользователей) обеспечивает единое пространство адресов в мировом масштабе и выполняется в трех вариантах:

1. Полный международный сетевой адрес – начинается с цифры «0», за которым следует трехзначный код страны, затем номер сети в стране (1 знак) и номер узла (до 10 знаков);
2. Полный международный телефонный номер – адрес начинается с цифры «9». За ним следует трехзначный код страны, затем телефонный номер в стране (до 11 цифр);
3. Внутренний сетевой адрес – начинается с номера страны, за которым следует номер узла.

Сети X.25 широко применяются для обмена сообщениями между пользователями, построения распределенных систем клиент-сервер, подключения терминальных узлов, связи локальных сетей и других задач. Для подключения к сети достаточно иметь обычный телефонный канал. X.25 может работать и через ISDN. Недостатком сети являются значительные задержки передачи пакетов, из-за чего ее невозможно использовать для голосовой связи.

Frame Relay.

Сеть Frame Relay – это сеть с коммутацией пакетов, работающая на скорости до 2 Мбит/с. Она очень похожа на сеть X.25 и, в отличие от нее, распространена в США, в то время как X.25 в основном применяется в Европе. Для доставки пакетов адресату сети Frame Relay, каждому из них присваивается свой адрес, совокупность которых называется адресным полем. Основное отличие Frame Relay состоит в механизме коррекции ошибок. В X.25, разработанной первоначально для аналоговых каналов связи применяются различные механизмы коррекции и алгоритмы повторной передачи потерянных данных, а в соединениях Frame Relay коррекция ошибок и управление потоком отсутствуют. Frame Relay в основном используется для маршрутизации локальных сетей через общие коммуникационные сети. Главная ее привлекательность – экономическая эффективность. Эта технология не требует построения новой коммуникационной инфраструктуры, а требует лишь программного обновления существующих маршрутизирующих систем. Кроме того, Frame Relay – это очень надежная технология. При возникновении обрыва канала связи производится автоматическое изменение маршрута, и данные направляются в обход обрыва.

Недостатком Frame Relay является то, что здесь не обеспечивается гарантированная доставка данных и их целостность – пакеты в пути могут искажаться и теряться. Кроме того, при передаче больших кадров появляется большая задержка в передаче коротких кадров.

Локальные сети связи.

Ethernet.

Технология Ethernet основана на методе множественного доступа к среде передачи с обнаружением конфликтов (коллизий). Существует 3 разновидности сетей Ethernet, которые различаются по скорости передачи: Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet.

В технологии Ethernet спецификация, использующая волоконно-оптический кабель, имеет наименование 10BaseF – обобщенное название трех вариантов реализации физического уровня: 10BaseFL, 10BaseFP и 10BaseFB. Теоретическая скорость передачи сигналов составляет 10 Мбит/с. Реально можно добиться скорости передачи не более 7 Мбит/с.

10BaseFL (Fiber Link) – оптическая сеть, построенная по принципу «звезды». Это универсальная сеть, соединяющая порты концентраторов, станции и подключающая их к пассивному разветвителю 10BaseFP. Имеет ограничение по дальности для многомодового волокна 1 км. Для дальней связи необходимо применение одномодовых комплектующих, при этом длина линии определяется временем распространения сигнала (до 5 км в дуплексном режиме). Сетевой адаптер для данного стандарта позволяет отказаться от внешних преобразователей. В нем предусмотрена возможность присоединения витой пары с разъемом RJ-45.

10BaseFP (Fiber Passive) – сеть, построенная по топологии «звезды» с пассивным разветвителем в центре. Она объединяет до 33 станций, удаленных от разветвителя на 500 метров.

10BaseFB (Fiber Backbone) – оптическая магистраль для связи между концентраторами (повторителями). В паузах между кадрами порт передает специальную последовательность сигналов, поддерживающую синхронизацию приемника и передатчика. Такая синхронизация позволяет увеличить количество повторителей в цепочке более 4 штук и достигнуть величины 15 штук. Длина цепочки определяется временем распространения сигнала между двумя удаленными узлами, которое не должно превышать 25 мкс (5000 м). В адаптерах 100BaseFX применяются как коннекторы ST (в старых сетях) так и коннекторы SC (в современных сетях).

Кроме трех вышеупомянутых протоколов в Ethernet существует еще и вариант реализации FOIRL (Fiber Optic Inter Repeater Link), который предназначен для увеличения расстояния между связанными локальными сетями, использующими медные проводники. FOIRL связывает порты повторителей и станций с AUI-портами (AUI – Attachment Unit Interface, интерфейс устройства доступа к среде передачи). Для этого варианта чаще применяется многомодовое волокно 62,5/125, а рабочая длина волны – 850 нм, но выпускаются и модели с одномодовыми портами на 1310 нм. Длина линии ограничена 2-3 км и ограничена протоколом определения ошибок, регламентирующим величины временных задержек доступа к сети.

Оборудование FOIRL и 10BaseFL более распространено, чем 10BaseFP и 10BaseFB.

Fast Ethernet.

Fast Ethernet – это дальнейшее развитие сети Ethernet. Fast Ethernet поддерживает скорость передачи до 100 Мбит/с. Время передачи бита информации при этом сократилось до 10 нс, что уменьшило допустимое время прохождения сигнала между двумя узлами до 2,6 мкс. Это ограничивает длину оптической линии 500 м. Все разновидности Fast Ethernet используют топографию в виде «звезды» с активным центральным устройством. Оптоволоконные варианты исполнения – 100BaseFX и 100BaseSX.

100BaseFX работает на длине волны 1300 нм. При полнодуплексной работе максимальное расстояние определяется типом волокна – по многомодовому волокну она составляет 2 км, а по одномодовому 32 км.

Переход на 10 Мбит/с невозможен, поскольку стандарт 10BaseFL использует длину волны 850 нм.

100BaseSX – стандарт, в котором используется светодиодный источник оптического излучения 850 нм и многомодовое волокно. Дальность связи – 300 м, что определено применением ММ волокна. В этом стандарте предусмотрено совместимость с 10BaseFL и автоматическое согласование скорости передачи 10/100 Мбит/с. Этот стандарт является дешевой заменой 100BaseFX для небольших расстояний.

В технологии Fast Ethernet применяется двойной интерфейс SC, иногда встречается ST. Выход и вход помечены буквами Tx – для выхода передатчика и Rx – входа приемника.

Gigabit Ethernet.

Технология Gigabit Ethernet разработана для работы со скоростью передачи данных 1000 Мбит/с в полнодуплексном режиме. Минимально допустимый размер кадра, определяющий максимально допустимую задержку сигнала здесь увеличен до 512 байт (4096 бит). Допустимая длина линии определяется качеством линии, ее амплитудно-частотной характеристикой (для металлического кабеля) или затуханием сигнала в волоконно-оптическом кабеле. В оптическом диапазоне для Gigabit Ethernet разработаны два стандарта:

1. 1000BaseSX;
2. 1000BaseLX.

1000BaseSX (Short wavelength) – использует лазерный источник с длиной волны 850 нм и многомодовое волокно. Используется для передачи на небольшие расстояния.

1000BaseLX (Long wavelength) – использует лазерный источник 1300 нм и многомодовое или одномодовое волокно. Применяется для передачи на большие расстояния.

В настоящее время разрабатывается третий стандарт - 1000BaseLH, в котором лазерный источник 1310 нм применяется для передачи данных на очень большие расстояния.

К недостаткам таких сетей относятся конкуренция за доступ к среде передачи и отсутствие поддержки качества обслуживания.

Token Ring.

Token Ring (маркерное кольцо) – сети с топологией в виде кольца. Такая топология упорядочивает обмен информацией между узлами. Сеть строится на основе концентраторов (хабов), которые предоставляют возможность подключения к ним различных узлов сети с помощью радиальных кабелей. Работа строится на последовательной передаче маркера через узлы. При этом узел, захвативший маркер, подключается к сети и может передавать данные на другие узлы. Время, в течение которого узел имеет право удерживать маркер, строго регламентировано. Порядок в сети поддерживается активным монитором – одной из станций сети. Количество узлов в одном кольце – не более 250, скорость передачи – 4 или 16 Мбит/с, но уже появилась и технология HTSR (High Speed Token Ring – высокоскоростное маркерное кольцо) со скоростью 100 Мбит/с.

Сами концентраторы между собой соединяются в кольцо с помощью портов входа и выхода в кольцо. В случае отказа или отключения одного из концентраторов или обрыва магистрального кабеля кольцо реконфигурируется таким образом, что появляется два или несколько работоспособных, но не связанных друг с другом сегментов.

В качестве оптоволоконного кабеля применяется кабель с многомодовыми волокнами 50/125 и 62,5/125 длиной до 2 км. При числе подключаемых станций до 250. Для перехода с электрических на оптические кабели применяются активные конверторы среды передачи.



Рис. Топология Token Ring.

Адаптеры Token Ring первоначально не были рассчитаны на работу в полудуплексном режиме, но сейчас появились возможности для полнодуплексной работы с суммарной скоростью 32 Мбит/с. Современные коммутаторы способны автоматически определять тип абонента (дуплекс или полудуплекс) и организовывать связь между ними.

FDDI.

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) - сеть высокоскоростной передачи данных по оптоволоконным линиям со скоростью передачи 100 Мбит/с на расстояние до 200 км и с возможностью подключения до 1000 станций. Такая сеть имеет двойную кольцевую топологию с передачей маркера и детерминированным методом доступа. Максимальное количество станций в сети - 500 с двойным кольцом и 1000 – с одинарным. Длина двойного кольца до 100 км и одинарного до 200 км. Расстояние между станциями – до 2 км (многомодовый кабель) и до 45 км (одномодовый кабель). Тип применяемого волокна – многомодовое 62,5/125 или одномодовое. В стандарте имеется возможность применения волокон 50/125, 85/125, 100/140, которые вписываются в энергетический баланс. Величина энергетического баланса на линии между узлами – 11 дБ при минимальной вводимой оптической мощности -20 дБм. Он включает в себя только потери в волокне и на промежуточных соединениях вдоль линии.

Топология сети FDDI представляет собой двойное кольцо, информация по которым передается в противоположных направлениях. Такая структура повышает надежность сети. Если одно из колец выходит из строя, в работу включается другое кольцо. Если второе кольцо не используется для резервирования работы первичного кольца, то его можно использовать для основной работы по передаче сигналов, что увеличивает скорость до 200 Мбит/с.

Fiber Channel.

Fiber Channel – это последовательная высокоскоростная технология передачи данных, предназначенная для обмена данными между большим компьютером и периферийными устройствами. Она разрабатывалась для преодоления ограничений интерфейса SCSI, используемого в данных приложениях сейчас. Данная технология позволяет передавать данные со скоростью до 1Гбит/с (100Мбайт/с), увеличивает максимальные расстояния до 30 км и количество подключаемых устройств до нескольких тысяч. При ее использовании появляется возможность создавать сети устройств хранения данных - Storage Area Network (SAN), то есть использовать в среде «сервер - устройства хранения данных» все преимущества сетевых решений. Аналитики относят Fiber Channel к перспективным технологиям, по их мнению она достигнет своего расцвета года через два. На рынке уже предлагаются продукты для Fiber Channel. Самый распространенный вариант сейчас - концентраторы FC-AL (Fiber Channel Arbitrated Loop), он обеспечивает скорость обмена 100Мбайт/с на канал, передачу данных на расстояние до 10 км и возможность подключения до 126 устройств на сегмент (при поддержке горячей замены).

-Скорость 266, 531, 1062.5 Мбит/с.

-Расстояние между станциями в метрах:

Скорость Мбит/с	Источник излучения	50 нм	62,5 нм	SM
1063	850 MM	500	175	-
531	850 MM	1500	350	-
531 & 1063	1300 SM	-	-	10000

-Количество станций в сегменте: 126.

Стандарт Fiber Channel предусматривает несколько версий, адаптированных под различные применения и отличающиеся стоимостью:

Применение	Передатчик	Тип волокна
Для коротких расстояний	СИД 1300 нм	Многомодовое, 62,5/125
Для средних расстояний	Лазер 1300 нм	Одномодовое
	СИД 1300 нм	Многомодовое 62,5/125
	Лазер 780 нм	Многомодовое 50/125
Для длинных расстояний	Лазер 780 нм	Многомодовое 50/125
	Лазер 1300 нм	Одномодовое
	Лазер 1300 нм	Одномодовое