

КОНСПЕКТ

з дисципліни: «Телекомунікаційні технології
комп'ютерних мереж»
викладач: Пушкін Юрій Олександрович

СОДЕРЖАНИЕ

1	14 сентября 2018 г.	3
1.1	Информация, сообщение, сигнал	3
1.2	Обобщённая структурная схема системы связи	4
2	20 сентября 2018 г.	6
2.1	Телекоммуникационные каналы	6
2.1.1	Кабели на витой паре	6
2.1.2	Коаксиальные кабели	7
2.1.3	Волоконно-оптические кабели	8
2.1.4	Радиоканалы	9

1. 14 СЕНТЯБРЯ 2018 г.

1.1. Информация, сообщение, сигнал

Понятие «информация» имеет много различных аспектов, и в связи с этим существует несколько различных подходов к её определению. *Информация* — совокупность сведений о каком-то событии, явлении, предмете, являющихся объектом хранения, передачи и преобразования. Для выполнения указанных действий используют условные символы — буквы, жесты, математические знаки, позволяющие выразить информацию в необходимой форме. Совокупность знаков, которые используют для хранения, передачи и обработки, называют *сообщением*.

В различных технических системах информация представляется в двоичной форме. Соответственно, сообщением может служить последовательность конечного числа двоичных символов.

Различают дискретные и непрерывные сообщения. Дискретные сообщения формируются в результате последовательной выдачи источником сообщения отдельных знаков.

Множество различных знаков называют *алфавитом источника сообщений*, а их количество — объёмом алфавита. Непрерывные сообщения не разделены на элементы, они описываются функциями времени, принимающими непрерывное множество значений. Пример — телевизионное изображение.

Передача сообщений на расстояние осуществляется с помощью какого-либо материального носителя или физического процесса (волны, ток, колебания и т. д.). Физический процесс, посредством которого сообщение передаётся на расстояние, называется *сигналом*. В современных системах управления чаще всего используются электрические сигналы.

Процесс изменения параметров носителя принято называть модуляцией. Различают такие виды сигналов (рис. 2.1 (*Прим. Лектор сказал искать рисунки в тексте лаб.*)):

1. Непрерывные по уровню и по времени (2.1а).
2. Непрерывные по уровню и дискретные по времени (2.1б).
3. Дискретные по уровню и непрерывные по времени (2.1в).
4. Дискретные по уровню и по времени (2.1г).

Сигналы первого вида, называемые непрерывными, задаются на конечном или бесконечном временном интервале и могут принимать любые значения в некотором диапазоне.

Сигналы второго вида задаются в определённый дискретный момент времени и могут принимать любые значения из некоторого диапазона. Их можно

получить из непрерывных сигналов путём взятия отсчёта в определённый момент времени. Это преобразование называется дискретизацией по времени.

Сигналы третьего вида, называемые квантованными по времени, задаются на некотором временном интервале и характеризуются тем, что принимают вполне только определённые дискретные значения. Их можно получить из непрерывных сигналов, применяя к ним операцию квантования по уровню.

Сигналы четвёртого вида также называются дискретными, задаются в определённые дискретные моменты и принимают определённые значения. Их можно получить из непрерывных сигналов, осуществляя операцию дискретизации по времени и квантования по уровню.

1.2. Обобщённая структурная схема системы связи

Системой связи называют совокупность технических средств, предназначенных для передачи информации от передатчика сообщений и получателя информации.

Структурная схема простейшей системы связи показана на рис. 2.2. Источником сообщения (1) может быть человек или различного рода устройство, он осуществляет выбор сообщений из ансамбля сообщений. Если сообщение на выходе источника имеет не электрическую природу, то для его передачи в системе связи оно преобразуется в первичный электрический сигнал.

Первичные сигналы являются низкочастотными. Для передачи на большие расстояния используются специальные электромагнитные колебания высокой частоты, называемые переносчиками, которые могут эффективно распространяться по линиям связи.

В передающем устройстве (2) первичный сигнал превращается во вторичный (высокочастотный) сигнал $S(t)$. В качестве переносчика могут использоваться электромагнитные колебания, имеющие гармоничную или импульсную форму.

Для того, чтобы заложить в переносчики информацию, применяют операцию модуляции, которая заключается в изменении одного или нескольких параметров переносчика по закону передаваемого сообщения. Например, в гармоническом переносчике можно изменять амплитуду, частоту или фазу колебаний. При этом возможны три вида модуляции: амплитудная, частотная или фазовая.

Устройство, осуществляющее изменение одного или нескольких параметров переносчика, называется модулятором.

Линия связи (3) — это среда, используемая для передачи сигнала. Они могут быть проводными и беспроводными. В реальной системе связи сигнал передаётся при наличии помех, под которыми понимают любые случайные воздействия, накладывающиеся на сигнал и затрудняющие его приём. Поэтому

сигнал $S(t)$, в общем случае отличается от $S(t)$, который был на выходе передающего устройства.

Совокупность технических средств передачи информации, включающая среду распространения, и обеспечивающая передачу сигнала от некоторой точки A до точки B (рис 2.3) называют *каналом*. Если сигнал, поступающий на вход канала и снимаемый на его выходе, является дискретным, то канал также называется дискретным.

Любая телекоммуникационная система характеризуется рядом показателей, характеристиками канала. Наиболее существенными из них с точки зрения передачи информации такие:

1. Достоверность передачи информации — степень соответствия принятых сообщений переданным. Она зависит от параметров самой системы, степени её технического совершенства и условий работы.
2. Помехоустойчивость — способность системы противостоять вредному воздействию помех на передачу сообщений. Количественно помехоустойчивость телекоммуникационных систем можно характеризовать вероятностью ошибок $P_{\text{ош}}$ при заданном отношении мощностей сигнала и помехи в полосе частот, занимаемой сигналом, или требуемым отношением, при котором обеспечивается заданная.
3. Скорость передачи информации. *Технической скоростью* V_T называется число элементарных сигналов (символов), передаваемых по каналу в единицу времени. Она зависит от свойств линии связи и быстродействия аппаратуры. Единицей измерения технической скорости служит бод (baud) — скорость, при которой за одну секунду передаётся один символ. *Информационная скорость* (скорость передачи информации) — среднее количество информации относительно заданного сообщения, которое передаётся по каналу за единицу времени. Для практического применения телекоммуникационных систем важно выяснить, до какого предела и каким путём можно увеличить скорость передачи информации по каналу.
4. Предельные возможности канала по передаче сообщений характеризуются пропускной способностью — максимальная скорость передачи информации по данному каналу, которую можно достигнуть при самых совершенных способах передачи и приёма. Пропускная способность передачи канала измеряется числом двоичных единиц информации в секунду. Пропускная способность канала является характеристикой его самого и не зависит от сигнала.

С целью наилучшего соответствия характеристики сигнала и канала связи обычно применяется канальное кодирование. Устройство, осуществляющее заданную операцию, называется *кодером канала*. При реализации современных систем телекоммуникации предпочтение отдают цифровым методам обработки и передачи сигнала. Цифровые системы имеют ряд существенных преимуществ: представление сообщений в цифровой форме обеспечивают более высокую помехоустойчивость, возможность более полного использования пропускной способности канала, стабильность параметров передачи и гибкость при построении телекоммуникационных систем.

2. 20 СЕНТЯБРЯ 2018 Г.

2.1. Телекоммуникационные каналы

В настоящее время введено понятие телекоммуникационного канала (канала связи) как совокупности технических устройств и линий связи, необходимых для передачи сигналов между пунктами связи. Линию связи, представляющую собой физическую среду, в которой распространяется сигнал, называют *физическим каналом*. Классификация физических каналов приведена на рис. 4.1.

2.1.1. Кабели на витой паре

Витая пара представляет собой два изолированных медных провода, скрученных вместе. Скрутка проводов позволяет уменьшить индуктивность проводов, приводящую к ограничению технической скорости. Кроме того, скрутка способствует уменьшению электрических помех, наводимых соседними парами, а также внешними источниками. Кабели на витой паре характеризуются исключительной простотой. К недостаткам такого кабеля относятся:

1. Низкий уровень защищённости от электрических помех.
2. Сравнительно большой уровень собственных излучений, способствующих затуханию сигнала.
3. Возможности прослушивания передаваемого сигнала.

Для уменьшения данных недостатков на практике используется экранированный кабель (STP). Провода в кабеле имеют определённый цвет изоляции.

Телекоммуникационные кабели могут содержать от 2000 до 3000 витых пар, число пар в кабелях внутренней проводки — примерно 200. Входное полное сопротивление (импеданс) витой пары можно смоделировать двумя последовательно включёнными сопротивлениями, параллельно одному из которых включена ёмкость (рис. 4.2). На рис. 4.2а представлена эквивалентная схема за-

мещения полного входного сопротивления телефонной линии для диапазона звуковых частот. На рис 4.2б показана высокочастотная эквивалентная схема для частот выше звукового диапазона. Затухание сигнала в кабеле на витой паре сильно зависит от частоты передаваемого сигнала. Затухание возрастает пропорционально частоте, но в определённых частотных полосах затухание остаётся практически постоянным (рис. 4.3).

Характеристики кабелей на витой паре регламентируются в стандарте EIA/TIA 568. Этот стандарт включает 5 категорий неэкранированных кабелей на витой паре:

Категория 1 Традиционный телефонный кабель, по которому можно передавать только речь.

Категория 2 Кабель, предназначенный для передачи данных со скоростью 4 Мбит/с. Состоит из 4 витых пар.

Категория 3 Кабель, предназначенный для передачи данных со скоростью 10 Мбит/с.

Категория 4 Кабель, предназначенный для передачи данных со скоростью 16 Мбит/с.

Категория 5 Кабель, предназначенный для передачи данных со скоростью 100 Мбит/с.

Максимальная длина сегмента кабеля UTP — 100 м.

Экранированный кабель на витой паре применяется в локальных вычислительных сетях на основе Token Ring, компьютеры соединяются по кольцу. Электрические параметры кабеля тип 1 примерно соответствуют параметрам кабеля категории 5.

2.1.2. Коаксиальные кабели

Этот кабель состоит из центрального проводника, изолированного твёрдым нейлоном или полиэтиленом (рис. 4.4). Изолирующий слой затем покрывается проволоочной оплёткой или фольгой. Существуют кабели, в которых присутствуют и оплётка, и фольга, которые выполняют функции экрана, защищающего центральный проводник от внешних помех. Поверх этого изолятор покрывают поливинилхлоридом. Стоимость коаксиального кабеля в несколько раз выше кабеля на витой паре, и монтировать его гораздо сложнее. Наличие экрана существенно увеличивает помехозащищённость и снижает собственное излучение. Несанкционированное подключение к такому кабелю сложнее, чем к кабелю на витой паре. Пропускная способность кабеля в режиме модуляции высокочастотного сигнала может достигать 500 Мбит/с. Допустимая длина сегмента — несколько километров. Входное полное сопротивление коаксиаль-

ного кабеля обычно равно 50 Ом. Кабель для телевизионных фидеров имеет сопротивление 75 Ом.

В локальных вычислительных сетях, реализованных на основе технологии Ethernet, получили распространение два типа коаксиальных кабелей, которые получили название «тонкий» и «толстый» Ethernet.

2.1.3. Волоконно-оптические кабели

Волоконно-оптические кабели предназначены на расстояния оптических сигналов. Основным элементом волоконно-оптических кабелей являются световоды — тонкие нити из высокопрочных материалов. Оптическим сигналом служит модулированное оптическое излучение лазера или светодиода.

Для описания процесса распространения оптических волн пользуются волновым и лучевым методом. Первый метод основан на решении уравнений и позволяет получить точное решение электродинамической задачи. На практике широкое распространение получили лучевые методы (методы геометрической оптики).

В геометрической оптике световые волны изображаются световыми лучами, которые в однородной среде распространяются прямолинейно. При попадании на границу раздела двух сред с разными значениями показателей преломления, световой луч изменяет своё направление. И в общем случае появляются преломленный и отражённый лучи. Углы, которые образуют падающий, отражённый и преломлённый лучи с нормалью границы раздела сред, восстановленной в точке падения, называют соответственно углами падения, отражения и преломления.

Процесс распространения световых в оптически более плотной среде, окружённый менее плотной, показан на рис. 4.5. Траектория, показанная сплошной линией, соответствует световому лучу, который падает на границу раздела сред, отражается от неё и возвращается в область более плотной среды, где распространяется зигзагообразно. Такие лучи называются направляемыми, и их траектории полностью расположены внутри среды распространения.

Траектория, показанная штриховой линией, соответствует лучу, который падает на границу раздела сред под определённым углом, и испытывает не только отражение, но и преломление проникая в менее плотную среду. Такие лучи называются лучами излучений.

Оптические волокна, у которых показатель преломления на границе раздела сердцевины и оболочки изменяется скачком, называются ступенчатыми. Волокна, у которых показатель преломления изменяется плавно, называются градиентными.

Важнейшим параметром оптических волокон являются потери, приводящие к ослаблению сигнала. Ещё одним важным параметром является полоса

частот. Она определяет объём информации, который можно передавать по оптическому кабелю. Ограничение частоты, применительно к цифровым системам передачи, обусловлено тем, что импульс на приёме приходит размытым, искажённым в следствии различия скоростей распространения отдельных его составляющих в световоде. Данное явление носит название дисперсии. Сравнивая дисперсионные характеристики различных световодов, можно отметить, что лучшими данными обладают одномодовые световоды. Хорошие показатели также у градиентных световодов. Явление дисперсии также приводит к ограничению пропускной способности и дальности передачи.

2.1.4. Радиоканалы

Полоса частот, используемых в радиосвязи составляет от 3 Гц до 3000 ГГц, что соответствует длинам волны от 10^8 м до 10^{-6} м. Классификация частот и соответствующих им длин волн приведена в табл. 4.2.

По способу распространения радиоволн различают каналы с открытым и закрытым распространением. В каналах с закрытым распространением электромагнитная энергия распространяется по направляющим линиям, для них характерны малый уровень помех и постоянство параметров сигнала, что позволяет передавать информацию с высокой достоверностью и скоростью.

В диапазонах от крайне низких до низких частот на небольших расстояниях поле в месте приёма создаётся за счёт дифракционного огибания выпуклой поверхности Земли. На больших расстояниях радиоволны распространяются в своеобразном сферическом волноводе, внутренняя стенка которого образует поверхность Земли, а внешняя — ионосферой.

В распространении волн высоких частот принимает участие даже ионосфера, однако, если волны длиннее 1 км, они отражаются от нижнего её слоя практически зеркально, то дециметровые волны проникают в неё практически полностью, что приводит к эффекту многолучёвости. Дециметровые волны применяются для глобальной связи и радиовещания. С их помощью можно передать информацию сравнительно большого объёма в пределах земного шара со сравнительно небольшой мощностью передатчика.

Гектаметровые волны днём распространяются как земные, а ночью — как ионосферные. Дальность распространения не превышает 500 км (над морем — 1000 км). Волны частотой от 30 ГГц и выше распространяются в пределах прямой видимости.

Новую эру в освоении высокочастотной области радиодиапазона в радиосвязи открыл запуск искусственных спутников Земли. Линия спутниковой связи состоит из конечных земных станций и одного или нескольких спутников-ретрансляторов, вращающихся вокруг Земли.

В системах, в которых используются открытые каналы, передача оптиче-

ских сигналов передаётся непосредственно через атмосферу. Могут использоваться при объединении различных локальных вычислительных сетей, системах безопасности и т. д.

Выпускаемая в настоящее время аппаратура позволяет обеспечить оптических сигналов на расстояние до 3 км. Однако в зависимости от погодных условий это расстояние может уменьшаться. Оптическая система, устанавливаемая на каждом конце линии связи, состоит из двух станций, содержащих излучающий лазерный блок, принимающий оптический блок и дополнительное электронное оборудование.

Излучение лазера модулируется передаваемым цифровым потоком управляющего интерфейса. После прохождения излучения через атмосферу линзовая оптическая система на приёмнике противоположной станции фокусирует его на фотоприёмник. Электронные системы станций усиливают принятый сигнал и осуществляют синхронизацию исходного цифрового потока.

Оптическая линия связи хорошо защищена от несанкционированного доступа к данным, поскольку сигнал невидим и хорошо сфокусирован, попытка доступа к данным невозможна без нарушения связи.

Для надёжной работы во всепогодных условиях оптический приёмопередающий блок снабжают системой антиобледенения, исключающей образование конденсата, влаги и ледяной корки.

В качестве примера в таблице 4.3 приведены характеристики оптической атмосферной системы связи.