

Л. В. ВОРОБЬЕВ, А. В. ДАВЫДОВ, Л. П. ЩЕРБИНА

СИСТЕМЫ И СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Допущено

*Учебно-методическим объединением
по образованию в области информационной безопасности
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по специальностям
«Компьютерная безопасность» и «Комплексное обеспечение
информационной безопасности автоматизированных систем»*



Москва
Издательский центр «Академия»
2009

УДК 631.396(075.8)

ББК 32.884.1я73

В751

Рецензенты:

канд. техн. наук, доц. *С.Л. Зефирова* (зав. кафедрой информационной безопасности систем и технологий Пензенского государственного университета);
канд. техн. наук, проф. *В.М. Охорзин* (кафедра обработки и передачи дискретных сообщений Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича);
д-р техн. наук *И.Г. Шапошников* (НИИ автоматики)

Воробьев Л. В.

В751 Системы и сети передачи информации : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Л.В. Воробьев, А.В. Давыдов, Л.П. Щербина. — М. : Издательский центр «Академия», 2009. — 336 с.

ISBN 978-5-7695-5379-0

В учебном пособии рассмотрены теория передачи информации, преобразование сообщений в электрические сигналы, их кодирование, модуляция, передача и прием; приведены качественные и количественные характеристики информации; сформулированы условия согласования источников информации с каналами связи; дана классификация сетей связи; изложены основные принципы построения, морфологические и функциональные характеристики сетей, а также классические и телематические службы связи, организуемые на вторичных сетях; разобраны особенности построения информационно-вычислительных и первичных сетей связи, использующих системы передачи различного типа.

Для студентов высших учебных заведений.

УДК 631.396(075.8)

ББК 32.884.1я73

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Воробьев Л. В., Давыдов А. В., Щербина Л. П., 2009
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2009
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2009

ISBN 978-5-7695-5379-0

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АИМ — амплитудно-импульсная модуляция
- АМ — амплитудная модуляция
- АМн — амплитудная манипуляция
- АФУ — антенно-фидерное устройство
- АЦП — аналого-цифровой преобразователь
- БМ — балансная модуляция
- ВО — возбудитель
- ВОК — волоконно-оптический кабель
- ВОЛС — волоконно-оптическая линия связи
- ВП — временные позиции
- ВРК (*TDM*) — временное разделение каналов
- ВЦГТ — вторичный цифровой групповой тракт
- ВЧ — высокочастотный
- ГВС (*WAN*) — глобальная вычислительная сеть
- ГО — групповое оборудование
- ДВ — длинные волны
- ДВО — дополнительные виды обслуживания
- ДИКМ — дифференциальная ИКМ
- ДКИ — декодер источника
- ДМ — дельта-модуляция
- ДМВ — дециметровые волны
- ДММВ — децимиллиметровые волны
- ДП — дистанционное питание
- ДУ — дуплексирующее устройство
- ЕСЭ — единая сеть электросвязи
- ЗУ — запоминающее устройство
- ИВС — информационно-вычислительная сеть
- ИКМ (*PCM*) — импульсно-кодовая модуляция
- ИН — информационное направление
- ИО — индивидуальное оборудование
- ИПХ — импульсная переходная характеристика
- ИСЗ — искусственный спутник Земли
- КАМ — квадратурная амплитудная манипуляция
- КВ — короткие волны
- КИ — кодер источника
- КОА — каналообразующая аппаратура
- КПД — коэффициент полезного действия
- КЦ — коммутационный центр

- КЧ — критическая частота
- КЭ — ключ электронный
- КЭС — кольцевые элементарные структуры
- ЛВС (*LAN*) — локальная вычислительная сеть
- ЛО — линейное оборудование
- ЛП — линейное предсказание
- ЛТ — линейный тракт
- МВ — метровые волны
- ММВ — миллиметровые волны
- МОС (*ISO*) — Международная организация по стандартизации
- МПЧ — максимально применимая частота
- МСЭ — Международный союз электросвязи
- МШУ — малозумящий усилитель
- НПЧ — наименьшая применимая частота
- НРП — необслуживаемые регенерационные пункты
- НС — направляющая система
- НУП — необслуживаемые усилительные пункты
- ОКЦ — оконечный коммутационный центр
- ОМ — однополосная модуляция
- ОРП — обслуживаемые регенерационные пункты
- ОУП — обслуживаемые усилительные пункты
- ОЦК — основной цифровой канал
- ПК — промежуточный каскад
- ПО — программное обеспечение
- ППРЧ — псевдослучайная (программная) перестройка рабочей частоты
- ПС — поляризационный селектор
- ПСП — псевдослучайная последовательность
- ПФ — полосовой фильтр
- ПЦГТ — первичный цифровой групповой тракт
- ПЦИ (*PDH*) — плезиохронная цифровая иерархия
- РВС (*MAN*) — региональная вычислительная сеть
- РРЛ — радиорелейная линия
- РРС — радиорелейная станция
- РС — ретранслятор связи
- РЭС — радиальная элементарная структура
- СВ — средние волны
- СВЧ — сверхвысокочастотный
- СДВ — сверхдлинные волны
- СМВ — сантиметровые волны
- СП — система передачи
- СПИ — система передачи информации
- СЦИ (*SDH*) — синхронная цифровая иерархия
- ТКЦ — транзитный коммутационный центр
- ТРЛ — тропосферная линия
- ТС — терминал связи
- ТЦГТ — третичный цифровой групповой тракт
- ТЧ — тональная частота

- УВО — устройство временно́го объединения
- УВР — устройство временно́го разделения
- УКВ — ультракороткие волны
- УНЧ — усилитель низкой частоты
- УО — устройство объединения
- УОП — устройство обратного преобразования
- УПА — устройство поворота антенны
- УПП — устройство прямого преобразования
- УР — устройство разделения
- ФЗК — фильтры подавления зеркального канала
- ФИМ — фазоимпульсная модуляция
- ФМ — фазовая модуляция
- ФМИ — формирователь манипулирующих импульсов
- ФМн — фазовая манипуляция
- ФМ-ШПС — фазоманипулированные широкополосные сигналы
- ЦАП — цифроаналоговый преобразователь
- ЦЛТ — цифровой линейный тракт
- ЦРРЛ — цифровая радиорелейная линия
- ЦРРС — цифровая радиорелейная станция
- ЦС — цифровой сигнал
- ЦСП — цифровая система передачи
- ЧВМ — частотно-временная матрица
- ЧИМ — частотно-импульсная модуляция
- ЧМ — частотная модуляция
- ЧМн — частотная манипуляция
- ЧНН — час наибольшей нагрузки
- ЧРК (*FDM*) — частотное разделение каналов
- ЧЦГТ — четверичный цифровой групповой тракт
- ШИМ — широтно-импульсная модуляция
- ШПС — широкополосный сигнал
- ЭМВОС — эталонная модель взаимодействия открытых систем
- ЭС — элементарная структура
- ATM (STM)* — асинхронный (синхронный) режим переноса
- WDM* — спектральное (волновое) мультиплексирование

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие написано в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальностям 090102 «Компьютерная безопасность» и 090105 «Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем»; может быть использовано и при обучении специалистов других телекоммуникационных направлений.

Книга состоит из двух частей. В части I (гл. 1—4) рассмотрены термины, относящиеся к основам теории информации, такие, как «информация», «сообщение», «сигнал», изложены основные операции, осуществляемые с аналоговыми и цифровыми сигналами в системах связи: формирование, прием, обработка, кодирование, декодирование, уплотнение, различные виды модуляции, основные принципы построения технических устройств, реализующих перечисленные операции: модемов, кодеров, декодеров, вокодеров. В части II (гл. 5—9) представлены основные принципы построения сетей и систем связи, реализующих функции распределения и передачи информации, состав сетей связи, основные функции их элементов, классификация и основные характеристики сетей связи и реализуемых на их основе классических и телематических служб, предоставляющих услуги пользователям системы связи; изложены основные принципы и особенности построения информационно-вычислительных и первичных сетей связи, использующих системы передачи различного типа.

Пособие может быть использовано как база при более детальном изучении специальных учебных дисциплин в области систем электросвязи.

Введение и гл. 1—4 написаны кандидатом технических наук А. В. Давыдовым; гл. 5 и 6 — кандидатом технических наук, профессором Л. П. Щербиной; гл. 7—9 — кандидатом технических наук, доцентом Л. В. Воробьевым.

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам — доктору технических наук И. Г. Шапошникову, кандидату технических наук, профессору В. М. Охорзину и кандидату технических наук, доценту С. Л. Зефинову, высказавшим замечания и ценные предложения, способствующие улучшению содержания пособия.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время человечество переживает «бескровную» революцию в области информационно-телекоммуникационных технологий, которые становятся одним из наиболее важных факторов, влияющих на формирование общества XXI в. Воздействием этих технологий в значительной степени обусловлены наметившиеся тенденции к глобализации мировой экономики и построению информационного общества.

Информационное общество позволяет людям шире использовать свой потенциал и реализовывать свои устремления. Основой экономического роста в последующие десятилетия станет создание единого общемирового информационного пространства, включающего все виды телекоммуникационных сетей на базе радио, проводных и оптоволоконных кабельных линий связи. Важная роль в этом процессе принадлежит как проводным, так и беспроводным технологиям связи, бурный рост которых совместно с последними достижениями микроэлектроники открывают уникальные возможности по созданию глобальной системы передачи информации.

Десятки тысяч крупных, средних и мелких фирм во всем мире с годовым оборотом в сотни миллиардов долларов занимаются исследованием, разработкой, производством, продажей и эксплуатацией разнообразных систем и устройств передачи информации.

Системы передачи информации (СПИ) представляют собой сложные комплексы, состоящие из различных функционально зависимых элементов. Эти системы характеризуются не только большим числом элементов, но и иерархичностью структуры, наличием между элементами прямых, обратных и перекрестных связей. Так, передающее и приемное устройства являются подсистемами СПИ, а кодер и модулятор — подсистемами передающего устройства и т. п.

Свойства любой системы прежде всего определяются ее целевым назначением (целями функционирования), которое трактуется как совокупность задач, решаемых данной системой. Для получения желаемого результата необходимо совершить определенное число операций, реализуемых за счет имеющихся ресурсов системы.

В СПИ такими операциями являются кодирование, модуляция, усиление сигнала, демодуляция, декодирование, селекция сигналов, маршрутизация, адресование, коммутация и т. п., а ресурсами системы — емкость каналов, возможности центров коммутации, мощность сигнала, полоса частот канала и др. Однако СПИ, как техническая система, имеет ряд специфических особенностей, среди которых наиболее существенны объект (продукт) передачи и среда (условия) распространения сигналов. Объектом передачи в СПИ является информация, природа которой чрезвычайно сложна, и наши знания о ней пока лишь самые общие. Определить количественную меру информации с учетом ее ценности, а тем более семантики, весьма трудно.

Существует достаточно много определений понятия «информация», однако наиболее адекватным постановке задачи до последнего времени считалось *шенноновское определение информации как меры неопределенности* (степени незнания того, что подлежит передаче). Соответственно цель передачи информации — это *снятие* данной *неопределенности*.

Известны и другие количественные оценки информации — мера разнообразия по Хартли, алгоритмическая мера Колмогорова. В работах А. А. Харкевича и Р. Л. Стратоновича сделана попытка определить ценность информации.

Среда в СПИ — это не только линия связи (среда распространения сигнала), используемая для передачи сигналов от передатчика к приемнику, но и другие системы естественного и искусственного происхождения, оказывающие определенные воздействия на СПИ. Обычно это мешающие воздействия (помехи и искажения), затрудняющие качественную передачу информации по каналу связи. Необходимость борьбы с вредными воздействиями помех существенно усложняет СПИ.

Для организации обмена информацией между многими источниками и получателями информации каналы и системы передачи объединяют в сети связи — единый комплекс систем передачи и распределения информации. При этом отправителей и получателей информации называют пользователями или абонентами. Понятие распределения информации охватывает задачи распределения маршрутов передачи информации и связанные с этим задачи анализа и синтеза сетей связи и центров коммутации. Задача распределения информации возникла сразу же вслед за созданием устройств ее передачи. Примером простейшей СПИ является полносвязная сеть, где абонентские (оконечные) пункты соединены по принципу «каждый с каждым». Такие сети относятся к некоммутируемым сетям, здесь связь между пользователями осуществляется по закрепленным некоммутируемым каналам. К достоинствам некоммутируемых сетей относится то, что в них информация передается без потерь времени на ожидание соединения с окончательным

пунктом получателя и нет необходимости в передаче адреса вызываемого пункта. Вместе с тем при увеличении числа конечных пунктов резко возрастает число необходимых линий связи.

В целях сокращения числа необходимых каналов используются коммутируемые СПИ, в которых конечные пункты соединяют между собой не непосредственно, а через один или несколько коммутационных центров. При коммутации каналов по переданному адресу конечного пункта получателя отыскивается путь со свободными в данный момент каналами. Сформированный таким образом составной канал предоставляется пользователям конечного пункта источника и конечного пункта получателя на время, необходимое для обмена информацией. При большой загрузке сети может случиться, что некоторый пользователь (абонент) получит отказ на запрос об установлении связи с другим пользователем. Поэтому системы передачи и распределения информации проектируются так, чтобы вероятность отказа в обслуживании была меньше некоторой допустимой величины, однако полностью исключить такую ситуацию невозможно.

Во многих случаях (особенно при односторонней передаче информации) можно использовать способ коммутации сообщений. В таких системах, построенных на базе ЭВМ, передаваемые сообщения, сопровождаемые адресом, принимаются на конечных пунктах отправителя без отказа, обрабатываются и накапливаются в памяти коммутационных центров. Передача информации в адрес конечного пункта получателя производится по мере освобождения необходимых каналов. При этом, естественно, возникает задержка, затрудняющая передачу информации в реальном масштабе времени, например при телефонном разговоре.

Для сокращения времени задержки в современных СПИ используется разновидность способа коммутации сообщений, называемая коммутацией пакетов. В сетях с коммутацией пакетов от источника к получателю передаются короткие блоки данных, называемые пакетами. Наиболее типичные виды нагрузки создает передача данных в интерактивном диалоговом режиме, когда между терминалами (в том числе и компьютерами) передаются короткие пачки сообщений. Под пакетом понимается часть сообщения, представленная в виде блока с заголовками, имеющего установленный формат и ограниченную длину, передаваемая по сети как часть единого целого.

Функции и требования к центрам коммутации каналов и коммутации пакетов совершенно разные. Однако по мере развития интегральных сетей (в том числе и информационно-вычислительных), в которых обрабатываются речь, данные и другие виды сообщений и используется техника коммутации пакетов, каналов и гибридная техника, функции и требования к коммутационным центрам становятся сходными. При увеличении числа конечных

пользователей и их территориальной разобщенности возникает задача выбора структуры сети, размещения коммутационных центров, определения пропускной способности информационных направлений и числа каналов.

В последние годы развиваются процессы конвергенции и интеграции современных компьютерных и традиционных сетей связи и появляются инфокоммуникационные сети, начиная от корпоративных и заканчивая сетями национального и глобального масштабов. Сетевые технологии, такие, как синхронная цифровая иерархия, асинхронный режим передачи, сверхплотное волновое мультиплексирование и другие, не только открывают новые возможности в построении современных СПИ, но и требуют специального изучения и применения их на качественно новом уровне.

Разобраться в существующем многообразии различных систем и методов передачи информации, понять общие принципы их построения и функционирования, изучить современные подходы к разработке систем передачи информации поможет данное учебное пособие.

ЧАСТЬ I. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПЕРЕДАЧИ И КОДИРОВАНИЯ СООБЩЕНИЙ

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

1.1. Основные понятия и определения

Понятия «информация» и «сообщение» употребляются довольно часто. Эти близкие по смыслу термины сложны и дать их точное определение через более простые нелегко. Информация (от лат. *informatio* — разъяснение, ознакомление, осведомленность) — совокупность сведений, данных о каких-либо событиях, явлениях или предметах. Человек живет в информационном мире, и все, что он видит, слышит, помнит, знает, переживает, — это различные формы информации. Совокупность сведений, данных становится знанием лишь после их интерпретации с учетом ценности и содержания этих сведений. Следовательно, **информацию** в широком смысле можно определить как совокупность знаний об окружающем нас мире. В таком понимании информация является важнейшим ресурсом научно-технического и социально-экономического развития общества. В отличие от материального и энергетического ресурсов информационный ресурс не уменьшается при потреблении, накапливается со временем, сравнительно легко и просто с помощью технических средств обрабатывается, хранится и передается на значительные расстояния.

Для передачи или хранения информации используют различные знаки (символы), позволяющие выразить (представить) ее в некоторой форме. Этими знаками могут быть слова и фразы человеческой речи, жесты и рисунки, формы колебаний, математические знаки и т.п. Совокупность сведений, данных, знаков, имеющих признаки начала и конца и обладающих свойствами обработки, хранения и передачи, называют **сообщением**. Так, при телеграфной передаче сообщением является текст телеграммы, представляющий собой последовательность отдельных знаков — букв и цифр. При разговоре по телефону сообщение — непрерывное изменение во времени звукового давления, отображающее не только содержание, но и интонацию, тембр, ритм и иные свойства речи. При передаче движущихся изображений в телевизионных

системах сообщение представляет собой изменение во времени яркости элементов изображения.

Передача сообщений (а следовательно, и информации) на расстоянии осуществляется с помощью какого-либо материального носителя (бумаги, магнитной ленты и т. д.) или физического процесса (звуковых или электромагнитных волн, тока и т. д.). Физический процесс, отображающий (несущий) передаваемое сообщение, называется **сигналом**.

В качестве сигнала можно использовать любой физический процесс, изменяющийся в соответствии с переносимым сообщением. В современных СПИ и связи чаще всего применяют электрические сигналы. Физической величиной, определяющей такой сигнал, является ток или напряжение. Сигналы формируются путем изменения тех или иных параметров физического носителя в соответствии с передаваемым сообщением. Процесс изменения параметров носителя называют **модуляцией**.

Сообщения классифицируют по их принадлежности пользователю, структуре алфавита сообщений, характеру изменения сообщения во времени и другим признакам.

Первый классификационный признак не представляет особого интереса, поэтому не будем на нем останавливаться, остальные признаки рассмотрим более подробно.

Сообщение является дискретным, если алфавит дискретный, и непрерывным, если алфавит непрерывный.

Дискретный источник — дискретное множество элементов алфавита (может быть счетным или конечным). Элементы алфавитного множества называются **символами алфавита источника** (знаками).

Непрерывное сообщение имеет несчетное число сообщений, но у всех реальных непрерывных источников непрерывный алфавит является ограниченным множеством. Поэтому непрерывное сообщение можно заменить некоторым дискретным конечным множеством элементарных сообщений.

По этой причине в системах передачи информации, как правило, алфавит, в котором сообщение передается по системе связи, не совпадает с алфавитом сообщения. Это преобразование осуществляется на представительском уровне **кодером сообщения**.

Если алфавит источника непрерывный, то по каналу связи сообщение передается дискретным конечномерным алфавитом.

Источник сообщения может быть конечномерным, но для передачи по каналу связи сообщение преобразуется в двоичный алфавит. СПИ, в которых сообщения передаются в дискретном конечномерном алфавите, имеют простую структуру, считаются наиболее перспективными и имеют следующие основные преимущества:

- универсальность;

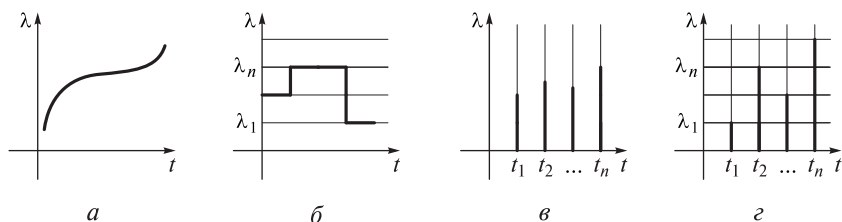


Рис. 1.1. Виды сообщений

- возможность эффективно решать задачи исправления искажений;
- возможность использования технологичного оборудования (цифровых процессоров и др.);
- отсутствие необходимости в подстройках (подстройки если и есть, то легко автоматизируются).

Теперь классификационный признак — характер изменения сообщения во времени — применяют обычно совместно с предыдущим, т. е. проводят классификацию сообщения как по структуре алфавита сообщений, так и по характеру изменения во времени.

Согласно такой классификации различают четыре типа сообщений:

- 1) непрерывное по времени и по алфавиту (рис. 1.1, а);
 - 2) непрерывное по времени и дискретное по состоянию (рис. 1.1, б);
 - 3) дискретное по времени и непрерывное по алфавиту (состоянию) (рис. 1.1, в);
 - 4) дискретное по времени и алфавиту (состоянию) (рис. 1.1, г).
- Важно то, что по времени представление может быть конечномерным и счетномерным, по состоянию — конечномерным (см. рис. 1.1, г).

Сообщение с помощью специальных устройств (датчиков) обычно преобразуется в электрическую величину — *первичный сигнал*. При передаче речи такое преобразование выполняет микрофон, при передаче изображения — телевизионная камера. В большинстве случаев первичный сигнал является низкочастотным колебанием, которое отражает передаваемое сообщение. Следует оговорить условность этого термина. Первичный телевизионный сигнал, например, занимает область частот от 0 до 6 МГц.

В некоторых случаях первичный сигнал непосредственно передают по линии. Так поступают, например, при обычной городской телефонной связи. Для передачи на большие расстояния (по кабелю или радиоканалу) первичный сигнал преобразуют в *высокочастотный*.

Если бы передаваемое сообщение было *детерминированным*, т. е. заранее известным с полной достоверностью, то передача его не

имела бы смысла. Такое детерминированное сообщение не содержит информации. Его можно использовать лишь для испытаний системы связи или отдельных ее элементов. Поэтому сообщения следует рассматривать как *случайные события*. Другими словами, должно существовать некоторое множество вариантов сообщения, из которых с определенной вероятностью реализуется одно. Поэтому и сигнал является функцией от случайной величины.

Помимо сигналов, несущих для получателя информацию, в среде распространения присутствуют посторонние процессы (шумы) различной природы (например, электромагнитной), которые не содержат информации или содержат информацию, не интересующую получателя, а иногда содержат и дезинформацию. Происхождение помех может быть самым различным. Они могут появляться в результате естественных (природных) процессов (разряды атмосферного электричества, радиоизлучение солнца, звезд и др.) или создаваться искусственно (искрение в технических устройствах, излучение других радиоэлектронных средств и т.д.). Помехи могут возникнуть как в среде, используемой для распространения сигнала, так называемые *внешние помехи*, так и в электрических цепях, выполняющих преобразование сигнала, так называемые *внутренние помехи*. Они могут иметь самые различные формы протекания во времени (гладкие, импульсные) и в том числе очень близкие к формам полезных сигналов. Таким образом, вместе с полезным сигналом в приемнике действуют помехи, интенсивность которых может оказаться соизмеримой с сигналом, в результате чего полезные сигналы оказываются частично или полностью замаскированными, что приводит к потерям информации, содержащейся в сигнале, а иногда и к полной потере связи.

Случайный характер сообщений, сигналов и помех обусловил важнейшее значение теории вероятностей и теории телетрафика в построении систем и сетей передачи информации. Как будет показано в последующих главах, вероятностные свойства сигналов и сообщений, а также среды, в которой передается сигнал, позволяют определить количество передаваемой информации и ее потери.

Конкретный сигнал может быть представлен в виде произвольной функции, например времени $x(t)$. Определив так или иначе эту функцию, определим и сигнал. Однако такое полное описание сигнала не всегда требуется. Для решения ряда вопросов достаточно иметь более общее описание в виде нескольких параметров, характеризующих основные свойства сигнала, подобно тому как это делается в системах транспортирования: габаритные размеры и масса характеризуют основные свойства предмета с точки зрения условий его перевозки; другие свойства (например, цвет) с этой точки зрения являются несущественными.

Сигнал также является объектом транспортировки, а системы передачи информации по существу техникой транспортирования (передачи) сигналов по сетям (каналам) связи. Поэтому целесообразно определить параметры сигнала, которые являются основными с точки зрения его передачи. Такими параметрами являются *длительность* сигнала t , его *динамический диапазон* D и *ширина спектра* ΔF . Всякий сигнал, рассматриваемый как временной процесс, имеет начало и конец. Поэтому длительность сигнала t является естественным его параметром, определяющим интервал времени, в пределах которого сигнал существует.

Динамический диапазон — это отношение наибольшей мгновенной мощности сигнала к той минимальной мощности, которую необходимо отличать от нуля при заданном качестве передачи. Он выражается обычно в децибелах. Динамический диапазон речи диктора, например, равен 25...30 дБ, небольшого вокального ансамбля — 45...65 дБ, симфонического оркестра — 70...95 дБ.

И наконец, ширина спектра сигнала ΔF . Этот параметр дает представление о скорости изменения сигнала внутри интервала его существования. Спектр сигнала в принципе может быть неограниченным. Однако для любого сигнала можно указать диапазон частот, в пределах которого сосредоточена его основная энергия. Этот диапазоном и определяется ширина спектра сигнала.

Можно ввести более общую и наглядную характеристику — объем сигнала: $V_c = t_c \Delta F_c D_c$. Объем сигнала дает общее представление о возможностях данного множества сигналов как переносчиков сообщений. Чем больше объем сигнала, тем больше информации можно «вложить» в этот объем и тем труднее передать такой сигнал по каналу связи с требуемым качеством.

1.2. Структура системы передачи сообщений

Изучение систем передачи информации начнем с рассмотрения общепринятых моделей, позволяющих, абстрагируясь от частных вопросов технической реализации конкретной системы, уяснить общие принципы и закономерности их построения.

Система передачи информации — комплекс технических средств, предназначенный для передачи информации.

Система передачи сообщений — совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающая передачу сообщений.

На рис. 1.2 представлена модель одноканальной системы передачи сообщений в общем виде.

Несмотря на то что данная модель и содержит основные элементы, присущие любой системе передачи сообщений, она может служить лишь простейшей иллюстрацией к описанию СПИ, по-

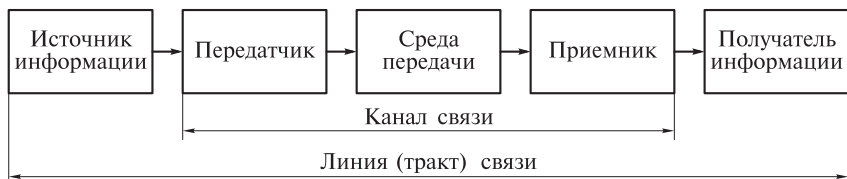


Рис. 1.2. Обобщенная модель системы передачи сообщений

сколько не отражает действий, которые должны выполняться (или могут выполняться) над информацией в процессе ее передачи от источника к потребителю.

Значительно более полной в этом смысле является модель системы передачи сообщений, подобная приведенной на рис. 1.3, которой мы и будем пользоваться в дальнейшем.

Охарактеризуем назначение и функции элементов этой модели.

Источник информации, или сообщения, — это физический объект, система или явление, формирующие передаваемое сообщение. Само сообщение — это значение или изменение некоторой физической величины, отражающие состояние объекта (системы или явления). Как правило, первичные сообщения — речь, музыка, изображения, измерения параметров окружающей среды и т. д. — представляют собой функции времени неэлектрической природы. С целью передачи по каналу связи эти сообщения преобразуются в электрический сигнал, изменения которого во времени $\lambda(t)$ отображает передаваемое сообщение. Значительная часть передаваемых сообщений, особенно в последнее время, по своей природе не является сигналами — это массивы чисел, текстовые или иные файлы и т. п. Сообщения такого типа можно представить в виде некоторых векторов Λ .

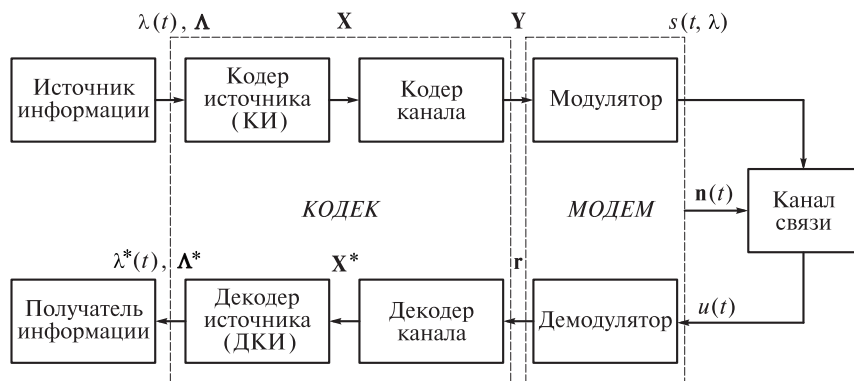


Рис. 1.3. Модель системы передачи сообщений

Кодер источника (КИ). Подавляющая часть исходных сообщений — речь, музыка, изображения и т.д. — предназначена для непосредственного восприятия органами чувств человека и в общем случае плохо приспособлена для их эффективной передачи по каналам связи. Поэтому сообщения ($\lambda(t)$ или Λ), как правило, подвергаются кодированию. В процедуру кодирования обычно включают и дискретизацию непрерывного сообщения $\lambda(t)$, т.е. его преобразование в последовательность элементарных дискретных сообщений $\{\lambda_i\}$. Более подробно вопросы дискретизации будут рассмотрены в подразд. 2.2 и 2.3.

Под *кодированием* сигналов в широком смысле слова понимается процесс преобразования одной последовательности сигналов в другую. Кодирование сообщений может преследовать различные цели — сокращение объема передаваемых данных (сжатие данных), увеличение количества передаваемой за единицу времени информации, повышение достоверности передачи, обеспечение секретности при передаче и т.д.

Под *кодированием источника* в СПИ понимают сокращение объема (сжатие) информации с целью повышения скорости ее передачи или сокращения полосы частот, требуемых для передачи.

Кодирование источника бывает *экономным*, *безызычным* или *эффективным*. Иногда эту процедуру называют *сжатием данных*. Под эффективностью в данном случае понимается степень сокращения объема данных, обеспечиваемая кодированием.

Если сжатие производится так, что по сжатым данным можно абсолютно точно восстановить исходную информацию, кодирование называется *неразрушающим*. Неразрушающее кодирование используется при передаче (или хранении) текстовой информации, числовых данных, компьютерных файлов и т.п., т.е. там, где недопустимы даже малейшие отличия исходных и восстановленных данных.

Во многих случаях нет необходимости в абсолютно точной передаче информации от источника к потребителю, тем более что в канале связи всегда присутствуют помехи и абсолютно точная передача в принципе невозможна. В таких случаях может быть использовано *разрушающее* сжатие, обеспечивающее восстановление исходного сообщения по сжатому с той или иной степенью приближения. Как правило, разрушающие методы сжатия более эффективны, чем неразрушающие.

Таким образом, на выходе *кодера источника* по передаваемому сообщению $\lambda(t)$ или Λ формируется последовательность кодовых символов X , называемая *информационной последовательностью*, допускающая абсолютно точное (или приближенное) восстановление исходного сообщения и имеющая, по возможности, минимальный размер.