

§ 5

Передача и хранение информации

5.1. Передача информации

Передача информации — один из самых распространённых информационных процессов. Из курса информатики основной школы вам известно, что процесс передачи информации происходит от источника к приёмнику по информационным каналам связи. При этом можно выделить следующие шаги:

- 1) передаваемая информация кодируется — представляется в форме некоторой последовательности сигналов, символов, знаков;
- 2) информация переносится на носитель, допускающий транспортировку на расстояние (бумага, электрический импульс, радиосигнал и др.);
- 3) используются свойства носителя, позволяющие ему преодолеть расстояние, отделяющее источник от приёмника (для бумажных писем — автомобиль, поезд, самолёт; для электрических импульсов — кабель, для радиосигналов — радиоволны и т. д.);
- 4) дошедший до приёмника сигнал должен быть извлечён из канала связи и перенесён на доступный для обработки носитель;
- 5) закодированная информация должна быть расшифрована и преобразована в форму, доступную для восприятия с помощью органов чувств человека.

Рассмотрим более подробно технические системы передачи информации, в которых для передачи информации используются технические средства связи (телефон, радио, телевидение и Интернет).

Вспомните, с какими открытиями и изобретениями в области передачи информации связаны имена Александра Белла, Генриха Герца, Александра Степановича Попова и Гульельмо Маркони.

На рисунке 1.13 представлена схема передачи информации по техническим каналам связи, предложенная Клодом Шенноном.

Поясните представленные на схеме (рис. 1.13) процессы на примере разговора по мобильному телефону. Используйте описанные выше шаги процесса передачи информации.





Рис. 1.13. Схема передачи информации по техническим каналам связи

Разного рода помехи, искажающие передаваемый сигнал и приводящие к потере информации, называют шумом. Если по каналу передается аналоговый сигнал (например, разговор двух подруг в вагоне метро), то при небольших шумах слушателю всё же удаётся понять содержание сообщения благодаря избыточности, существующей у любого естественного языка. Для систем дискретной цифровой связи потеря даже одного бита (если не используется избыточный код) может привести к полному обесцениванию информации.



Большой вклад в развитие теории связи внёс выдающийся советский и российский учёный Владимир Александрович Котельников (1908–2005), заслуги которого признаны во всём мире. Его исследования посвящены проблемам совершенствования методов радиоприёма, изучению радиопомех и разработке методов борьбы с ними.

В современных технических системах связи борьба с шумом (защита от шума) осуществляется по следующим двум направлениям.

1. Устранение технических помех, связанных с плохим качеством линий связи, незащищённостью друг от друга различных потоков информации, передаваемых по одним и тем же каналам. Для устранения таких помех используют экранированные кабели, применяют различные фильтры, отделяющие полезный сигнал от шума и т. д.
2. Избыточное кодирование самого передаваемого сообщения, позволяющее компенсировать потерю какой-то части передаваемой по линиям связи информации.



Избыточность кода — это многократное повторение передаваемых данных.

Но чрезмерная избыточность приводит к задержкам и удорожанию связи. Поэтому очень важно иметь алгоритмы получения оптимального кода, одновременно обеспечивающего минимальную избыточность передаваемой информации и максимальную достоверность принятой информации.

В современных системах цифровой связи для борьбы с потерей информации часто применяется следующий приём. Всё сообщение разбивается на порции — блоки. Для каждого блока вычисляется контрольная сумма, которая передаётся вместе с данным блоком. В месте приёма заново вычисляется контрольная сумма принятого блока, и если она не совпадает с первоначальной, то передача данного блока повторяется.

Важной характеристикой современных технических каналов передачи информации является их **пропускная способность** — максимально возможная скорость передачи информации, измеряемая в битах в секунду (бит/с). Пропускная способность канала связи зависит от свойств используемых носителей (электрический ток, радиоволны, свет). Так, каналы связи, использующие оптоволоконные кабели и радиосвязь, обладают пропускной способностью, в тысячи раз превышающей пропускную способность телефонных линий.

Скорость передачи информации по тому или иному каналу зависит от пропускной способности канала, а также от длины закодированного сообщения, определяемой выбранным алгоритмом кодирования информации.

Современные технические каналы связи обладают целым рядом достоинств:

- **высокая пропускная способность**, обеспечиваемая свойствами используемых носителей;
- **надёжность**, связанная с использованием параллельных каналов связи;
- **помехозащищённость**, основанная на автоматических системах проверки целостности переданной информации;
- **универсальность** используемого двоичного кода, позволяющего передавать любую информацию — текст, изображение, звук.

Объём переданной информации I вычисляется по формуле:

$$I = v \cdot t,$$

где v — скорость передачи информации (в битах в секунду), а t — время передачи.

Рассмотрим несколько примеров решения задач, имеющих отношение к процессу передачи информации.

Для более наглядного представления условий некоторых задач, связанных с процессами передачи информации, удобно рисовать диаграмму, изображающую два и более процесса с разметкой временных отметок их начал и окончаний. Примером такой диаграммы является диаграмма Ганта.

Диаграмма Ганта представляет собой размещённые вдоль горизонтальной шкалы времени отрезки (прямоугольные полоски), каждый из которых соответствует отдельному процессу или задаче. Начало, конец и длина каждого такого отрезка соответствуют началу, концу и длительности того или иного процесса, а сами отрезки располагаются друг под другом со сдвигом по горизонтали.

Для наглядного представления последовательности реализации (синхронизации) нескольких процессов можно использовать диаграммы процессов или диаграммы Ганта.

Пример 1. У Толи есть доступ к сети Интернет по высокоскоростному одностороннему радиоканалу, обеспечивающему скорость получения информации 2^{20} бит/с. У Миши нет скоростного доступа в Интернет, но есть возможность получать информацию от Толи по низкоскоростному телефонному каналу со средней скоростью 2^{13} бит/с. Миша договорился с Толей, что тот будет скачивать для него данные объёмом 5 Мбайт по высокоскоростному каналу и ретранслировать их Мише по низкоскоростному каналу. Компьютер Толи может начать ретрансляцию данных не раньше, чем им будут получены первые 0,5 Мбайт этих данных.

Каков минимально возможный промежуток времени (в секундах) с момента завершения скачивания данных Толей до полного их получения Мишей?

Как скоро Миша сможет полностью получить все данные, если Толя начнёт их скачивание в 16:00?



В этой задаче мы имеем дело с двумя процессами передачи информации, осуществляемыми с разной скоростью.

1. Процесс скачивания информации Толей по высокоскоростному каналу. Длительность этого процесса $5 \cdot 2^{23}/2^{20} = 5 \cdot 2^3 = 40$ с.
2. Процесс скачивания информации Мишей по низкоскоростному каналу. Длительность этого процесса $5 \cdot 2^{23}/2^{13} = 5 \cdot 2^{10} = 5120$ с.

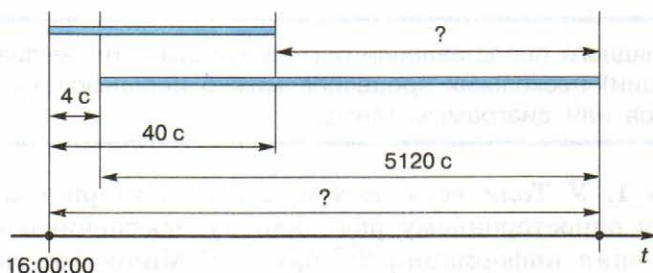
При решении задач необходимо согласовывать размерности величин.

Так, если скорость передачи информации задана в битах в секунду, то и значения объёмов информации следует выразить в битах.

Из условия задачи следует, что второй процесс начинается спустя некоторое время после начала первого процесса. Вычислим это время:

$$0,5 \cdot 2^{23}/2^{20} = 0,5 \cdot 2^3 = 4 \text{ с.}$$

На диаграмме Гантта результаты проведённых расчётов можно изобразить так:



На диаграмме видно, что для ответа на первый вопрос надо найти разность:

$$5120 - (40 - 4) = 5120 - 36 = 5084 \text{ с.}$$

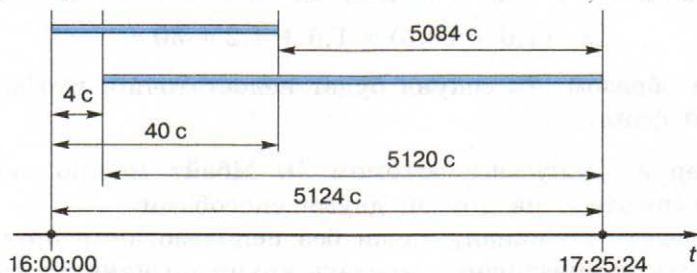
Ответ на второй вопрос получим, выполнив следующие вычисления:

$$5120 + 4 = 5124 \text{ с,}$$

$$5124 \text{ с} = 85 \text{ мин } 24 \text{ с} = 1 \text{ ч } 25 \text{ мин } 24 \text{ с.}$$

Полностью получить все данные Миша сможет не ранее чем в 17:25:24.

Диаграмму Гантта можно дополнить полученными результатами:



Пример 2. У вас есть высокоскоростной спутниковый доступ в Интернет, обеспечивающий получение данных от сервера со скоростью 4 000 000 бит/с. Запросы с вашего компьютера передаются на сервер со скоростью 128 000 бит/с через подключённый к компьютеру сотовый телефон, выполняющий функции модема. Вам необходимо скачать файл с музыкальной записью объёмом 12 Мбайт. Информация по спутниковому каналу передаётся с сервера пакетами, объём которых не превышает 5 Мбайт. При этом для получения каждого пакета ваш компьютер сначала должен передать в сеть запрос объёмом в 25 Кбайт.

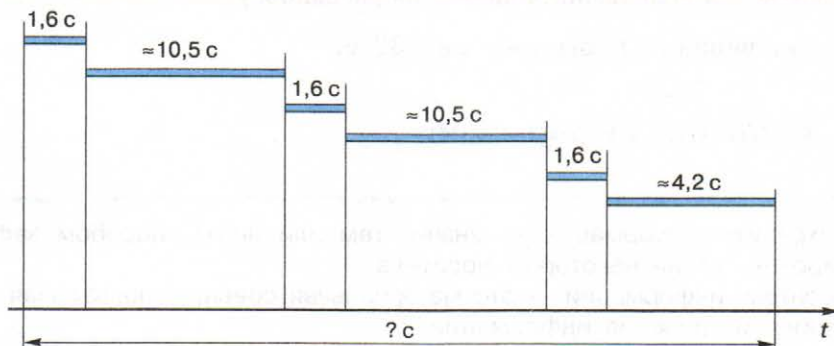
Сможете ли вы скачать требуемый файл за 25 с?

Файл объёмом 12 Мбайт будет передаваться пакетами, не превышающими 5 Мбайт; следовательно, всего пакетов будет три — два по 5 Мбайт и один — 2 Мбайт.

Процессы передачи каждого из двух пакетов по 5 Мбайт займут по $5 \cdot 2^{23} / 4000000 \approx 10,5$ с. На передачу 2 Мбайт потребуется $\approx 4,2$ с.

Приёму каждого пакета будет предшествовать передача запроса объёмом 25 Кбайт. Каждый раз этот процесс будет осуществляться за $25 \cdot 2^{13} / 128000 = 25 \cdot 2^{13} / (2^{10} \cdot 125) = 1,6$ с.

Изобразим имеющуюся информацию на диаграмме Гантта:



Вычислим общее время, требуемое для скачивания файла:

$$2 \cdot (1,6 + 10,5) + 1,6 + 4,2 = 30 \text{ с.}$$

Таким образом, 25 секунд будет недостаточно, чтобы скачать требуемый файл.

Пример 3. Документ объёмом 10 Мбайт можно передать с одного компьютера на другой двумя способами.

А. Передать по каналу связи без использования архиватора.

Б. Сжать архиватором, передать архив по каналу связи, распаковать.

Какой способ быстрее и насколько, если:

- средняя скорость передачи данных по каналу связи составляет 2^{18} бит/с;
- объём сжатого архиватором документа равен 25% от исходного объёма;
- время, требуемое на сжатие документа, — 5 секунд, на распаковку — 3 секунды?

Для решения данной задачи диаграмма Ганта не нужна; достаточно выполнить расчёты для каждого из имеющихся вариантов передачи информации.

Рассмотрим вариант А. Длительность передачи информации в этом случае составит: $10 \cdot 2^{23} / 2^{18} = 10 \cdot 2^5 = 320$ с.

Рассмотрим вариант Б. Длительность передачи информации в этом случае составит:

$$5 + \frac{0,25 \cdot 10 \cdot 2^{23}}{2^{18}} + 3 = 5 + 80 + 3 = 88 \text{ с.}$$

↑
↑
↑

Время на сжатие Время на передачу в упакованном виде Время на распаковку

Итак, вариант Б быстрее на 232 с.

5.2. Хранение информации

Сохранить информацию — значит тем или иным способом зафиксировать её на некотором носителе.

Носитель информации — это материальная среда, используемая для записи и хранения информации.

Основным носителем информации для человека является его собственная память. По отношению к человеку все прочие виды носителей информации можно назвать внешними.

Основное свойство человеческой памяти — быстрота, оперативность воспроизведения хранящейся в ней информации. Но наша память не надёжна: человеку свойственно забывать информацию. Хотя психологи утверждают, что из памяти человека ничего не исчезает, тем не менее человек довольно часто теряет способность к воспроизведению некоторых знаний. Именно для более надёжного хранения информации человек использует внешние носители, организует внешние хранилища информации.

Виды внешних носителей менялись со временем: в древности это были камень, дерево, папирус, кожа и др. Долгие годы основным носителем информации была бумага. Развитие компьютерной техники привело к созданию магнитных (магнитная лента, гибкий магнитный диск, жёсткий магнитный диск), оптических (CD, DVD, BD) и других современных носителей информации.

В настоящее время наиболее надёжными носителями информации, записанной цифровым способом, являются оптические диски.

Применение оптического способа записи началось в 1980-х годах. Тогда и появились оптические диски, иначе называемые компакт-дисками (CD). Процесс записи и считывания информации таких дисков осуществляется при помощи лазера. Информационная ёмкость CD составляет от 190 до 700 МВ.

Во второй половине 1990-х годов появились цифровые многоцелевые диски DVD, информационная ёмкость которых измерялась уже в гигабайтах (до 17 GB). DVD имеют такой же размер, как и CD, но для записи и считывания данных в них применяется лазер с меньшей длиной волны, что обеспечивает более плотную структуру рабочей поверхности, позволяя хранить и считывать больший объём информации.

В конце 2000-го года впервые был представлен Blu-ray Disc (BD) — оптический носитель, используемый для записи с повышенной плотностью хранения цифровых данных, включая видео высокой чёткости. Коммерческий запуск BD, положивший начало его широкому распространению, был осуществлён в 2006 году. В BD для записи и чтения данных используется коротковолновый (405 нм) сине-фиолетовый лазер. Это позволяет при сохранении физических размеров CD и DVD (12 см) увеличить информационную ёмкость BD до 50 GB и более.



Какая основная тенденция прослеживается в развитии оптических носителей информации? Сформулируйте её и попробуйте обосновать.

В последние годы появились и получили широкое распространение всевозможные мобильные электронные (цифровые) устройства: планшетные компьютеры, смартфоны, устройства для чтения электронных книг, GPS-навигаторы и др. Появление таких устройств стало возможно, в том числе, благодаря разработке принципиально новых носителей информации, которые:

- обладают большой информационной ёмкостью при небольших физических размерах;
- характеризуются низким энергопотреблением при работе, обеспечивая наряду с этим высокие скорости записи и чтения данных;
- энергонезависимы при хранении;
- имеют долгий срок службы.

Всеми этими качествами обладает флеш-память (англ. *flash-memory*). Выпуск построенных на их основе флеш-накопителей, называемых в просторечии «флешками», был начат в 2000 году. Сегодня широко используются флеш-накопители от 8 GB до 128 GB.



В настоящее время активно ведутся работы по созданию ещё более компактных носителей информации на основе нанотехнологий, имеющих дело с молекулами и атомами вещества. По предположениям экспертов приблизительно через 15–20 лет плотность хранения информации возрастёт настолько, что на носитель с физическими размерами в 1 см³ можно будет записать каждую секунду человеческой жизни.

Современные системы хранения информации, центральным звеном которых являются носители информации или запоминающие устройства, включают в себя также инструменты поиска (поисковые системы) и средства отображения информации (устройства вывода). Такие системы хранения информации определённого назначения (определённой предметной области) представляют собой базы данных, банки данных и базы знаний.



В этом параграфе при разговоре об информационной ёмкости носителей мы использовали обозначения MB и GB для таких единиц, как мегабайт и гигабайт. Не показалось ли вам это необычным, тем более что в предыдущем параграфе мы говорили об обозначениях Мбайт и Гбайт?

Дело в том, что многие современные операционные системы продолжают придерживаться принципа, что 1 килобайт равен 1024 байт, в то время как производители запоминающих устройств считают его равным 1000 байт. Если на CD или другом носителе информации вы видите надпись, например, 700 MB, то понимать приставку «мега» здесь следует в традиционном математическом смысле, а именно:

$$700 \text{ MB} = 700 \cdot 10^3 \text{ KB} = 700 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \text{ байт} = 700\,000\,000 \text{ байт.}$$

САМОЕ ГЛАВНОЕ

Процесс передачи информации происходит от источника к приёмнику по информационным каналам связи.

Современные технические каналы связи обладают перед ранее известными целым рядом достоинств:

- высокая пропускная способность — максимально возможная скорость передачи информации, измеряемая в битах в секунду;
- надёжность, связанная с использованием параллельных каналов связи;
- помехозащищённость, основанная на автоматических системах проверки целостности переданной информации;
- универсальность используемого двоичного кода, позволяющего передавать любую информацию — текст, изображение, звук.

Объём переданной информации I вычисляется по формуле $I = v \cdot t$, где v — скорость передачи информации (в битах в секунду), а t — время передачи.

Сохранить информацию — значит тем или иным способом зафиксировать её на некотором носителе.

Носитель информации — это материальная среда, используемая для записи и хранения информации. Современные носители информации обладают большой информационной ёмкостью при небольших физических размерах; характеризуются низким энергопотреблением при работе, обеспечивая наряду с этим высокие скорости записи и чтения данных; энергонезависимы при хранении и имеют долгий срок службы.

Вопросы и задания



1. Опишите схему передачи информации по техническим каналам связи. Укажите компоненты этой схемы в процессе передачи информации при использовании сотовой связи.
2. Какие существуют способы борьбы с шумом в процессе передачи информации?

3. Как вычисляется объём информации, переданной по каналу связи?
4. Охарактеризуйте современные каналы связи. Какими достоинствами они обладают?
5. Скорость передачи информации по некоторому каналу связи составляет 256 000 бит/с. Передача файла через это соединение заняла 2 минуты. Определите размер переданного файла в килобайтах.
6. Для чего используются диаграммы Ганта? Как они строятся? При решении каких жизненных задач вы можете их применить?
7. Данные объёмом 100 Мбайт передаются из пункта А в пункт Б по каналу связи, обеспечивающему скорость передачи данных 2^{20} бит/с, а затем из пункта Б в пункт В по каналу связи, обеспечивающему скорость передачи данных 2^{22} бит/с. Задержка в пункте Б (время между окончанием приема данных из пункта А и началом передачи в пункт В) составляет 24 секунды. Сколько времени (в секундах) прошло с момента начала передачи данных из пункта А до их полного получения в пункте В?
8. Документ (без упаковки) можно передать по каналу связи с одного компьютера на другой за 40 с. Если предварительно упаковать документ архиватором, передать упакованный документ, а потом распаковать на компьютере получателя, то общее время передачи (включая упаковку и распаковку) составит 20 с. Размер упакованного документа составляет 20% размера исходного документа. Сколько времени (в секундах) ушло на упаковку данных, если известно, что на их распаковку времени потребовалось в два раза больше?
9. Лена скачивает дистрибутив ОС Linux с зарубежного сайта-репозитория, пользуясь односторонним каналом цифровой передачи данных через телевизионное эфирное вещание, обеспечивающим приём информации со скоростью $4 \cdot 2^{23}$ бит/с. При этом информация передаётся фрагментами по 10 Мбайт. Для начала передачи каждого фрагмента компьютер Лены должен отправить на сервер сообщение-запрос объёмом 32 Кбайт, а после получения фрагмента подтвердить его безошибочный приём отдельным сообщением объёмом 16 Кбайт. Для отправки таких сообщений Лена пользуется радиомодемом GPRS, который обеспечивает скорость передачи информации до $128 \cdot 2^{13}$ бит/с. Определите

минимально возможное время (в секундах), за которое Лена сможет скачать файл дистрибутива объёмом 350 Мбайт.

- *10. Ровно в 12:00 папа поставил на скачивание файл и определил, что загрузка займёт 20 минут. Когда файл папы был скачан на 20%, мама поставила на скачивание свой файл. Через 6 минут после мамы Коля поставил на скачивание свой файл. При скачивании двух файлов скорость скачивания каждого в два раза ниже первоначальной, при скачивании трёх файлов скорость скачивания каждого в три раза ниже первоначальной, при скачивании одного — равна первоначальной. В какое время закончит скачивание своего файла каждый из членов этой семьи, если объёмы всех скачиваемых файлов равны?¹⁾
- *11. Для передачи помехоустойчивых сообщений, алфавит которых содержит 16 различных символов, используется равномерный двоичный код. Этот код удовлетворяет следующему свойству: в любом кодовом слове содержится чётное количество единиц (возможно, ни одной). Какую наименьшую длину может иметь кодовое слово?
12. Какое значение имеет хранение информации для всего человечества? Для отдельного человека?
13. Когда была изобретена магнитная запись? Подготовьте небольшое сообщение об этом изобретении и о магнитных носителях информации.
14. Подготовьте небольшое сообщение о физической природе оптического способа записи информации.
15. Вычислите объём учебника информатики в знаках. Выясните, сколько учебников такого же объёма можно записать на CD ёмкостью 700 МВ при условии использования восьмиразрядного компьютерного кода. Представьте, помещение каких размеров потребуется для складирования такого количества учебников.

Дополнительные материалы к главе смотрите в авторской мастерской.

¹⁾ По материалам конкурса «Кит — компьютеры, информатика, технологии» (konkurskit.org).