

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»**

Библиотека исследовательской школы
«Колебательно-волновые процессы в природных и искусственных средах»

А.В. Ключев

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Электронное учебно-методическое пособие

Рекомендовано для аспирантов ННГУ, обучающихся по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» (направленности 01.04.06 «Акустика», 01.04.03 «Радиофизика») и магистрантов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 «Радиофизика», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Нижегород
2015

УДК 004.9(075.8)

Клюев А.В. АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 60 с.

Настоящее пособие представляет собой раздел общего курса “Анализ информационных технологий”. Целью курса является ознакомление с информационными технологиями, методами беспроводной связи и организацией некоторых типов беспроводных сетей, такие как спутниковые. В основу пособия лёг курс лекций, читавшийся автором студентам магистратуры радиофизического факультета на протяжении более 5 лет.

Настоящее УМП предназначено для аспирантов ННГУ, обучающихся по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» (направленности 01.04.06 «Акустика», 01.04.03 «Радиофизика») и магистрантов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 «Радиофизика», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». Работа выполнена для библиотеки Исследовательской школы «Колебательно – волновые процессы в природных и искусственных средах».

УДК 004.9(075.8)

© Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	5
1.1. Беспроводные технологии достигают зрелости	5
1.2. Сотовая революция	6
1.3. Глобальная сотовая сеть.....	7
1.4. Широкополосные технологи	8
1.5. Проблемы беспроводной связи.....	9
2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	10
2.1. Понятие информационной технологии	10
2.1.1. Определение информационной технологии.....	10
2.1.2. Новая информационная технология	11
2.1.3. Инструментарий информационной технологии.....	12
2.1.4. Как соотносятся информационная технология и информационная система	13
2.1.5. Составляющие информационной технологии.....	14
2.2. Этапы развития информационных технологий	16
2.2.1. Признак деления - вид задач и процессов обработки информации	17
2.2.2. Признак деления - проблемы, стоящие на пути информатизации общества.....	17
2.2.3. Признак деления - преимущество, которое приносит компьютерная технология.....	17
2.2.4. Признак деления - виды инструментария технологии	18
2.3. Проблемы использования информационных технологий.....	20
2.3.1. Устаревание информационной технологии	20
2.3.2. Методология использования информационной технологии.....	20
3. ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ	23
3.1. Предварительная информация.....	23
3.2. Пропускная способность канала.....	26
3.2.1. Ширина полосы по Найквисту.....	26
3.2.2. Формула Шеннона для пропускной способности.....	26
4. СЕТИ СВЯЗИ	28
4.1. Методы коммутации	28
4.1.1. Коммутаторы.....	28
4.1.2. Виды коммутации	29
4.2. стек протоколов TCP/IP.....	30
4.2.1. История и перспективы стека TCP/IP.....	30
4.2.2. Структура стека TCP/IP. Краткая характеристика протоколов.....	31
4.3. Модель OSI	34
5. СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ	39
5.1. Параметры и конфигурации спутника	39
5.2. Спутниковые орбиты	40
5.3. Расстояние.....	41
5.4. Геостационарные спутники	43

5.5. Полосы частот	49
5.6. Ухудшение качества связи	50
5.7. Конфигурации спутниковой сети	54
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	58
БИБЛИОГРАФИЯ.....	59

1. ВВЕДЕНИЕ

Это пособие представляет собой обзор современных проблем информационных технологий и в первую очередь беспроводных коммуникаций и сетей. Многие факторы, включая повышенную конкуренцию и внедрение цифровых технологий, привели к беспрецедентному развитию рынка беспроводных средств. В первой вводной главе мы рассмотрим некоторые наиболее важные факторы, ставшие движущей силой этой революции в сфере коммуникаций.

1.1. Беспроводные технологии достигают зрелости

Александр Степанович Попов изобрёл радио в 1895 году, правда на Западе считается, что Гильельмо Маркони изобрел беспроводный телеграф в 1896 году. Как бы то ни было, это изобретение сделало возможным связь двух сторон, посылающих друг другу буквы и цифры, закодированные в аналоговом сигнале. В последующие сто лет развитие технологий беспроводной связи привело к появлению радиовещания, телевидения, мобильного телефона и спутников связи. Теперь можно послать информацию любого типа почти в каждый уголок мира. В последнее время наибольшее внимание к себе привлекают спутниковая связь, беспроводные сети и сотовая технология.

Запуск спутников связи начался в 1960-х годах. Первые спутники могли обслуживать лишь 240 телефонных каналов. В наше время с помощью спутников осуществляется приблизительно третья часть телефонного трафика и все телепередачи между странами. Современные каналы спутниковой связи вносят в обрабатываемые ими сигналы задержку, обычно не превышающую четверти секунды. Появляются более новые спутники, на более низких орбитах, имеющие еще меньшую задержку сигнала, которые предоставляют такие услуги передачи данных, как доступ в Internet.

Средства беспроводных сетей позволяют развертывать глобальные, региональные и локальные сети без необходимости создания кабельной структуры. Институтом IEEE разработан стандарт 802.11 для беспроводных локальных сетей. Кроме него, над созданием интегральных технологий беспроводных сетей работает промышленный консорциум Bluetooth.

Современным эквивалентом беспроводного телеграфа, обеспечивающим двустороннюю двунаправленную связь, является сотовый или мобильный телефон. В радиотелефонах первого поколения использовалась аналоговая технология. Эти устройства были громоздки и имели ограниченную зону обслуживания, но на их примере ясно были видны преимущества мобильной системы связи. Теперешнее поколение беспроводных устройств построено уже на базе цифровой, а не аналоговой технологии. Цифровые сети

могут передавать намного больший телефонный трафик, и обеспечиваемые ими качество приема и безопасность выше, чем в аналоговых системах. Кроме того, цифровая технология позволяет вводить дополнительные услуги, такие, как идентификация вызывающего абонента. Беспроводные устройства следующего поколения – смартфоны также цифровые, с подключением к Internet и использованием новых частотных диапазонов и более высоких скоростей передачи информации.

Значение беспроводной связи настолько велико, что ей принадлежит будущее. Очень немногим изобретениям удавалось так сократить расстояния. Стандарты, определяющие характер взаимодействия устройств беспроводной связи, быстро унифицируются и скоро позволят создать глобальную беспроводную сеть, предоставляющую все многообразие услуг.

1.2. Сотовая революция

Одно лишь увеличение рынка мобильных телефонов наглядно свидетельствует о том, что в мире технологий произошла революция. В 1990 году количество пользователей сотовых телефонов составляло приблизительно 11 миллионов [1]. В 2004 году оно достигло приблизительно миллиарда. Сейчас вообще трудно оценить эту цифру. Этому росту способствуют устройства с доступом в Internet. Сейчас уже можно говорить, что число беспроводных устройств превышает число устройств с доступом по проводным линиям.

В настоящее время наиболее очевидный признак успеха беспроводных технологий — распространение телефонов. Начиная с 1996 года количество новых абонентов мобильных телефонов превышает количество новых абонентов стационарных телефонов. Так получилось по многим причинам. Мобильные телефоны удобны; они перемещаются вместе с людьми. Кроме того, по самой своей природе средства мобильной связи "знают" свое местоположение. Каждый мобильный телефон связывается с региональными базовыми станциями, расположение которых твердо установлено.

В успех мобильных телефонов внесли свой вклад различные технические новшества [2]. Телефонные трубки стали меньше и легче, срок службы батарей увеличился, цифровая технология повысила качество приема и позволила лучше использовать доступный спектр. Как и во многих других случаях, переход к цифровому оборудованию позволил снизить затраты на мобильную связь. В тех областях, где процветает конкуренция, цены начиная с 1996 года значительно снизились.

Во многих регионах распространение мобильных телефонов — единственный экономичный способ предоставить населению телефонную связь.

Базовые станции можно создавать быстро и недорого по сравнению с рытьем траншей и прокладкой кабелей, особенно в сложных условиях местности.

Мобильные телефоны — лишь начало сотовой революции. Появляется все больше и больше новых типов беспроводных устройств, которые имеют доступ в Internet. К ним относятся персональные органайзеры и те же телефоны, но теперь уже с Web-доступом, функциями мгновенных сообщений, электронной почты и другими услугами, доступными в Internet. Беспроводные устройства в автомобилях позволяют загружать карты и маршруты. Скоро (теоретически уже сейчас) такие устройства смогут вызывать помощь, если произошла авария, или даже сообщать пользователю о самых низких ценах на бензин в ближайшей окрестности. Будут доступны и другие удобные функции. Например, восполнение через Internet запасов домашних холодильников.

1.3. Глобальная сотовая сеть

Преобладающей цифровой беспроводной сетью первого поколения в Северной Америке была система AMPS (Advanced Mobile Phone System — усовершенствованная система мобильной телефонной связи) [1]. Эта сеть предоставляла услуги передачи данных на базе перекрывающихся сетей CDPD (Cellular Digital Packet Data — сотовая система передачи пакетов цифровых данных) со скоростью 19,2 Кбит/с.

Важнейшие беспроводные системы второго поколения — GSM (Global System for Mobile Communications — глобальная система мобильной связи), PCS (Personal Communications Service — персональная служба связи) IS-136 и PCS IS-95. В стандарте PCS IS-136 используется множественный доступ с временным разделением, а в IS-95 — с кодовым разделением. В системах GSM и PCS IS-136 передача данных производится через выделенные каналы со скоростью 9,6 Кбит/с.

Сейчас уже появились системы третьего и четвертого поколения. В стандартах используется диапазон 2 ГГц. Новые стандарты и новый диапазон позволяют достичь больших скоростей передачи данных.

Кроме определения использования частот, схем кодирования и передачи, в стандартах также должно быть указано, как мобильные устройства будут взаимодействовать с Internet. В этой области работают несколько специализированных организаций по стандартам и промышленных консорциумов. В частности, Форум WAP (Wireless Application Protocol — протокол беспроводных приложений) разрабатывает общий протокол для обращения к Internet устройств с ограниченными возможностями отображения и ввода. Проблемная группа проектирования Internet (IETF) разрабатывает

стандарт протокола Mobile IP, который представляет собой адаптацию общепринятого протокола IP к работе в мобильном окружении.

1.4. Широкополосные технологии

Все более важное место в Internet занимает мультимедиа. Графика, видео и звук в изобилии встречаются на Web-страницах. Та же тенденция наблюдается и в коммерческой связи. Например, сообщения электронной почты часто содержат приложения мультимедиа. Чтобы полностью включиться в эту среду, беспроводные сети должны обеспечивать такие же высокие скорости передачи данных, как и их стационарные аналоги. Этим скоростям позволяет достичь широкополосная технология.

Широкополосные беспроводные службы имеют те же преимущества, что и все беспроводные средства: удобство и сниженные затраты. За счет отказа от кабелей операторы могут развертывать беспроводные службы быстрее и дешевле, чем проводные. Кроме того, беспроводные службы мобильны и могут разворачиваться почти в любом месте.

Существует много проектов разработки стандартов широкополосной беспроводной связи для множества различных приложений. Эти стандарты охватывают все области — от беспроводных локальных сетей до небольших домашних сетей. Скорости передачи данных варьируются от 2 Мбит/с до более чем 100 Мбит/с.

Беспроводные локальные сети предоставляют возможность работы в сети там, где бывает трудно или слишком дорого развернуть стационарную инфраструктуру. Основные стандарты беспроводных локальных сетей— IEEE 802.11b в Америке и HiperLAN в Европе. Стандарт IEEE предусматривает скорость передачи данных до 11Мбит/с. Европейский стандарт определяет максимальную скорость 54 Мбит/с.

Потенциальная проблема стандарта 802.11b — совместимость с Bluetooth. Спецификация беспроводных сетей Bluetooth определяет связь между такими устройствами, как ноутбуки, карманные компьютеры и мобильные телефоны. В Bluetooth и 802.11b используется один и тот же диапазон частот. При реализации в одном устройстве эти технологии будут мешать друг другу.

В рамках проекта HomeRF разрабатываются стандарты беспроводной связи между домашними компьютерами и внешними устройствами. В HomeRF применяются скорости передачи до 10 Мбит/с.

1.5. Проблемы беспроводной связи

Беспроводные службы удобны и часто более дешевы в развертывании, чем стационарные, но они несовершенны. Существуют ограничения, трудности политического и технического характера, которые в конечном счете могут помешать беспроводным технологиям полностью реализовать свой потенциал. Две основные проблемы — несовместимость стандартов и ограничения устройств [1].

Как было сказано выше, в Северной Америке существует два стандарта цифровых сотовых систем. В остальном мире существует по крайней мере еще один стандарт. Устройство, в котором используется PCS IS-136, не будет работать в районе, где развернутая система связи построена на стандарте PCS IS-95. Мы говорили также о невозможности применять Bluetooth и 802.11b в одном и том же устройстве. Это лишь два примера проблем, возникающих в ситуации, когда нет единого стандарта для всей отрасли. Отсутствие такого стандарта мешает технологиям достичь одного из настоящих идеалов беспроводной связи — повсеместного доступа к данным.

Ограничения, присущие устройствам, также сдерживают свободное движение данных. Маленький жидкокристаллический дисплей мобильного телефона неспособен отобразить больше нескольких строк текста. Кроме того, большинство мобильных беспроводных устройств может обращаться лишь к небольшой части огромного множества Web-сайтов в Internet. В браузерах этих устройств используется специальный язык разметки для беспроводных приложений (Wireless Markup Language — WML), а не стандартный язык HTML.

Вероятнее всего, невозможно создать такое беспроводное устройство, которое могло бы удовлетворить любую потребность. Потенциал беспроводной связи можно реализовать, но не в каком-то одном изделии. Беспроводная связь будет иметь успех при интегрировании в различные устройства, предназначенные для удовлетворения разнообразных потребностей.

2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

2.1. Понятие информационной технологии

2.1.1. Определение информационной технологии

Технология при переводе с греческого (*techne*) означает искусство, мастерство, умение, а это не что иное, как процессы [3]. Под *процессом* следует понимать определенную совокупность действий, направленных на достижение поставленной цели. Процесс должен определяться выбранной человеком стратегией и реализоваться с помощью совокупности различных средств и методов.

Под *технологией материального производства* понимают процесс, определяемый совокупностью средств и методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья или материала [3]. Технология изменяет качество или первоначальное состояние материи в целях получения материального продукта (рис. 2.1).

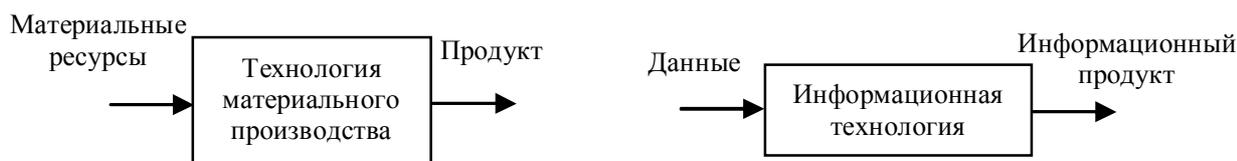


Рис. 2.1. Информационная технология как аналог технологии переработки материальных ресурсов

Информация является одним из ценнейших ресурсов общества наряду с такими традиционными материальными видами ресурсов, как нефть, газ, полезные ископаемые и др., а значит, процесс ее переработки по аналогии с процессами переработки материальных ресурсов можно воспринимать как технологию. Тогда справедливо следующее определение.

Информационная технология - процесс, использующий совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных (первичной информации) для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления (информационного продукта).

Цель технологии материального производства - выпуск продукции, удовлетворяющей потребности человека или системы.

Цель информационной технологии - производство информации для ее анализа человеком и принятия на его основе решения по выполнению какого-либо действия.

Известно, что, применяя разные технологии к одному и тому же материальному ресурсу, можно получить разные изделия, продукты. То же самое будет справедливо и для технологии переработки информации.

Пример 2.1. Для выполнения контрольной работы по математическому анализу каждый студент радиофизического факультета применяет свою технологию переработки первоначальной информации (исходных данных задач). Информационный продукт (результаты решения задач) будет зависеть от технологии решения, которую выберет студент. Обычно используется ручная информационная технология. Если же воспользоваться компьютерной информационной технологией, способной решать подобные задачи, то информационный продукт будет иметь уже иное качество.

Для сравнения в табл. 2.1 приведены основные компоненты обоих видов технологий.

Таблица 2.1. Сопоставление основных компонентов технологий

Компоненты технологий для производства продуктов	
Материальных	Информационных
Подготовка сырья и материалов	Сбор данных или первичной информации
Производство материального продукта	Обработка данных и получение результатов информации
Сбыт производственных продуктов потребления	Передача результатов информации пользователю для принятия на ее основе решений

2.1.2. Новая информационная технология

Информационная технология является наиболее важной составляющей процесса использования информационных ресурсов общества. К настоящему времени она прошла несколько эволюционных этапов, смена которых определялась главным образом развитием научно-технического прогресса,

появлением новых технических средств переработки информации. В современном обществе основным техническим средством технологии переработки информации служит персональный компьютер, который существенно повлиял как на концепцию построения и использования технологических процессов, так и на качество результирующей информации. Внедрение персонального компьютера в информационную сферу и применение телекоммуникационных средств связи определили новый этап развития информационной технологии и, как следствие, изменение ее названия за счет присоединения одного из синонимов: "новая", "компьютерная" или "современная".

Три основных принципа новой (компьютерной) информационной технологии:

- интерактивный (диалоговый) режим работы с компьютером (см. рис. 2.2.);

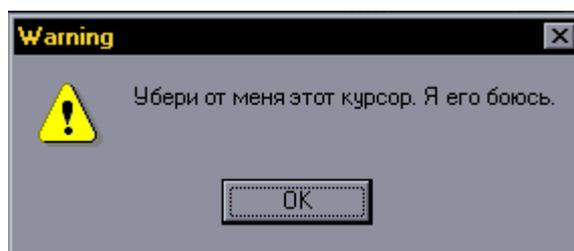


Рис. 2.2. Интерактивный режим работы с компьютером

- интегрированность (стыковка, взаимосвязь) с другими программными продуктами;
- гибкость процесса изменения как данных, так и постановок задач.

2.1.3. Инструментарий информационной технологии

Реализация технологического процесса материального производства осуществляется с помощью различных технических средств, к которым относятся: оборудование, станки, инструменты, конвейерные линии и т.п.

По аналогии и для информационной технологии должно быть нечто подобное. Такими техническими средствами производства информации будет являться аппаратное, программное и математическое обеспечение этого процесса. С их помощью производится переработка первичной информации в информацию нового качества. Выделим отдельно из этих средств программные продукты и назовем их инструментарием, а для большей четкости можно его конкретизировать, назвав программным инструментарием информационной технологии. Определим это понятие.

Инструментарий информационной технологии - один или несколько взаимосвязанных программных продуктов для определенного типа компьютера, технология работы в котором позволяет достичь поставленную пользователем цель.

В качестве инструментария можно использовать следующие распространенные виды программных продуктов для персонального компьютера: текстовый процессор (редактор), настольные издательские системы, электронные таблицы, системы управления базами данных, электронные записные книжки, электронные календари, информационные системы функционального назначения (финансовые, бухгалтерские, для маркетинга и пр.), экспертные системы и т.д.

2.1.4. Как соотносятся информационная технология и информационная система

Информационная технология тесно связана с информационными системами, которые являются для нее основной средой. На первый взгляд может показаться, что понятия информационной технологии и системы очень похожи между собой. Однако это не так.

Информационная технология является процессом, состоящим из четко регламентированных правил выполнения операций, действий, этапов разной степени сложности над данными, хранящимися в компьютерах. Основная цель информационной технологии - в результате целенаправленных действий по переработке первичной информации получить необходимую для пользователя информацию.

Информационная система является средой, составляющими элементами которой являются компьютеры, компьютерные сети, программные продукты, базы данных, люди, различного рода технические и программные средства связи и т.д. Основная цель информационной системы - организация хранения и передачи информации. Информационная система представляет собой человеко-компьютерную систему обработки информации.

Реализация функций информационной системы невозможна без знания ориентированной на нее информационной технологии. Информационная технология может существовать и вне сферы информационной системы.

Пример 2.2. Информационная технология работы в среде текстового процессора Microsoft Word, который не является информационной системой. Информационная технология мультимедиа, где с помощью телекоммуникационной связи осуществляются передача и обработка на компьютере изображения и звука

Таким образом, информационная технология является понятием, отражающим современное представление о процессах преобразования

информации в информационном обществе. В умелом сочетании двух информационных технологий - управленческой и компьютерной - залог успешной работы информационной системы.

Обобщая все вышесказанное, можно сформулировать несколько более узкие, нежели введенные ранее, определения информационной системы и технологии, реализованных средствами компьютерной техники.

Информационная технология - совокупность четко определенных целенаправленных действий персонала по переработке информации на компьютере.

Информационная система - человеко-компьютерная система для поддержки принятия решений и производства информационных продуктов, использующая компьютерную информационную технологию.

2.1.5. Составляющие информационной технологии

Используемые в производственной сфере такие технологические понятия, как норма, норматив, технологический процесс, технологическая операция и т.п., могут применяться и в информационной технологии. Прежде чем разрабатывать эти понятия в любой технологии, в том числе и в информационной, всегда следует начинать с определения цели. Затем следует попытаться провести структурирование всех предполагаемых действий, приводящих к намеченной цели, и выбрать необходимый программный инструментарий.

На рис. 2.3. технологический процесс переработки информации представлен в виде иерархической структуры по уровням:

- 1-й уровень - **этапы**, где реализуются сравнительно длительные технологические процессы, состоящие из операций и действий последующих уровней.
- 2-й уровень - **операции**, в результате выполнения которых будет создан конкретный объект в выбранной на 1-м уровне программной среде.
- 3-й уровень - **действия** - совокупность стандартных для каждой программной среды приемов работы, приводящих к выполнению поставленной в соответствующей операции цели. Каждое действие изменяет содержание экрана.
- 4-й уровень - *элементарные операции* по управлению мышью и клавиатурой.

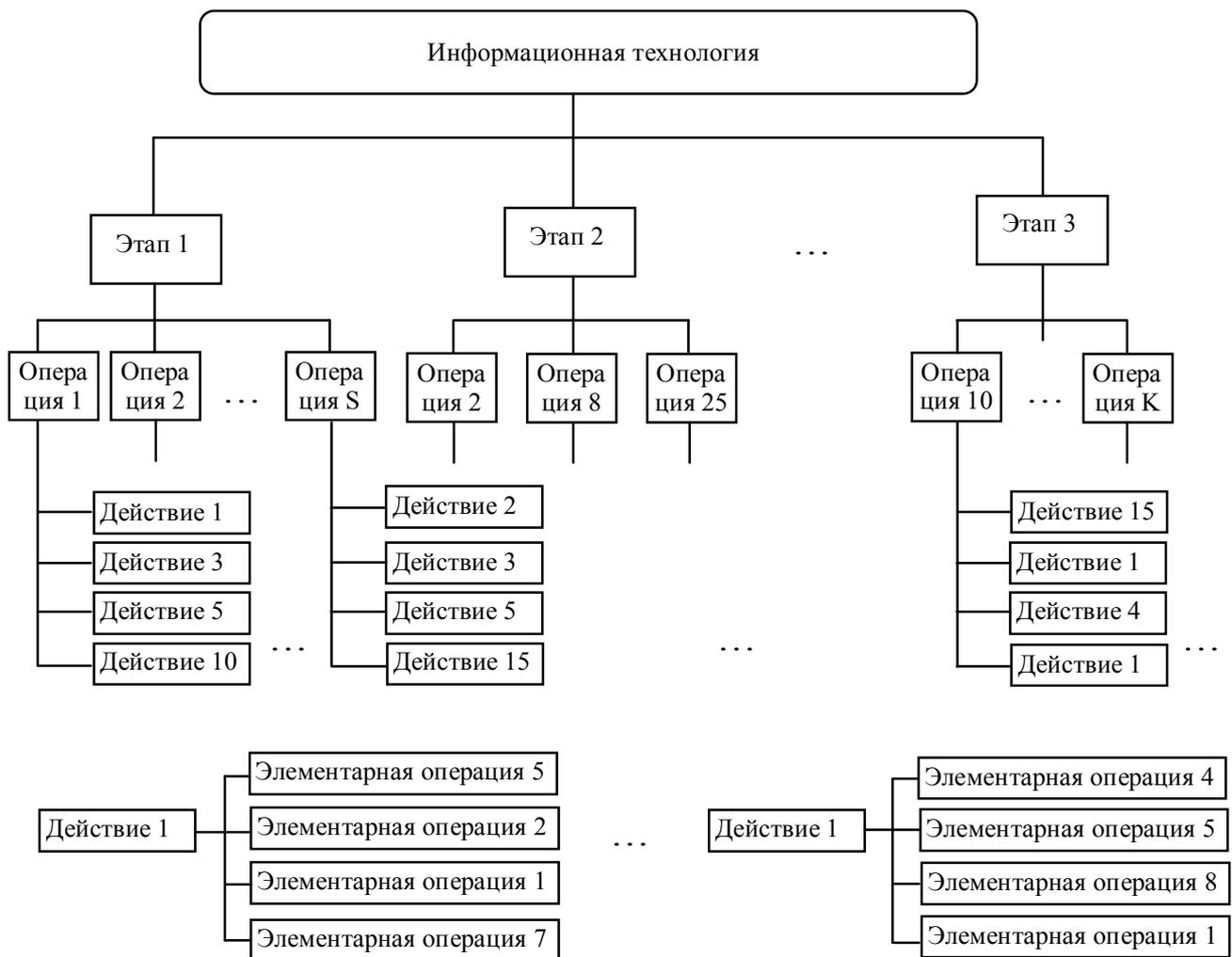


Рис. 2.3. Представление информационной технологии в виде иерархической структуры, состоящей из этапов, действий, операций

Необходимо понимать, что освоение информационной технологии и дальнейшее ее использование должны свестись к тому, что вы должны сначала хорошо овладеть набором элементарных операций, число которых ограничено. Из этого ограниченного числа элементарных операций в разных комбинациях составляется действие, а из действий, также в разных комбинациях, составляются операции, которые определяют тот или иной технологический этап. Совокупность технологических этапов образует технологический процесс (технологию).

Примечание. Технологический процесс необязательно должен состоять из всех уровней, представленных на рис. 2.3. Он может начинаться с любого уровня и не включать, например, этапы или операции, а состоять только из действий. Для реализации этапов технологического процесса могут использоваться разные программные среды.

Информационная технология, как и любая другая, должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать высокую степень расчленения всего процесса обработки информации на этапы (фазы), операции, действия;
- включать весь набор элементов, необходимых для достижения поставленной цели;
- иметь регулярный характер. Этапы, действия, операции технологического процесса могут быть стандартизированы и унифицированы, что позволит более эффективно осуществлять целенаправленное управление информационными процессами.

2.2. Этапы развития информационных технологий

Существует несколько точек зрения на развитие информационных технологий с использованием компьютеров, которые определяются различными признаками деления (см., например, рис. 2.4. (Взято с сайта: wallpapers.ru)).

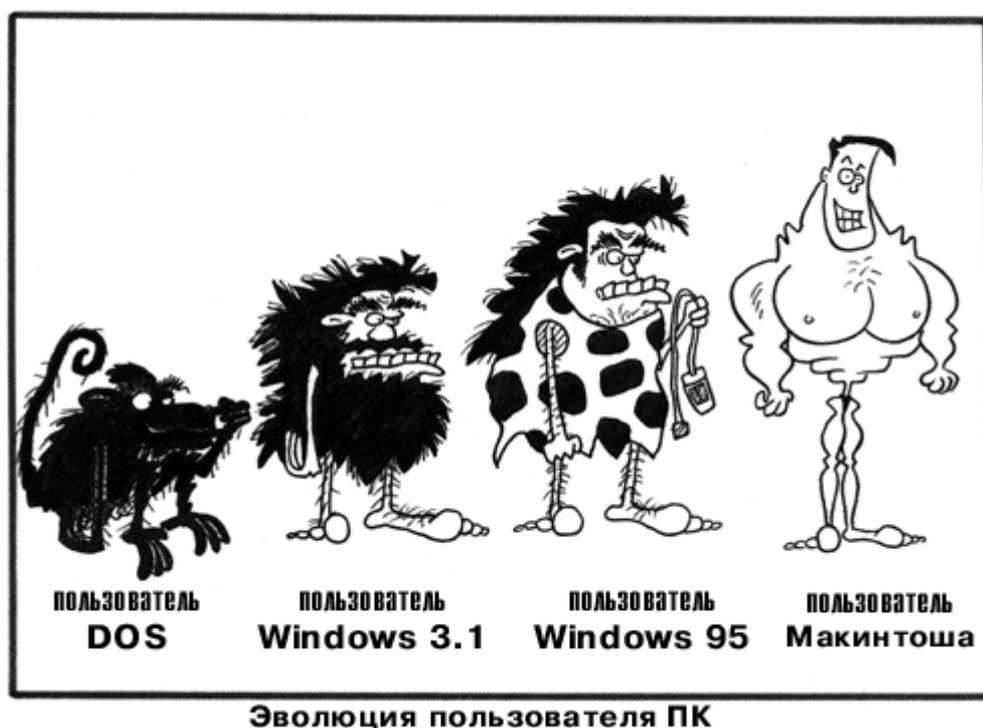


Рис. 2.4. Эволюция пользователя ПК

Общим для всех изложенных ниже подходов является то, что с появлением персонального компьютера начался новый этап развития информационной технологии. Основной целью становится удовлетворение персональных информационных потребностей человека как для профессиональной сферы, так и для бытовой.

2.2.1. Признак деления - вид задач и процессов обработки информации

1-й этап (60 -70-е гг.) - обработка данных в вычислительных центрах в режиме коллективного пользования. Основным направлением развития информационной технологии являлась автоматизация операционных рутинных действий человека.

2-й этап (с 80-х гг.) - создание информационных технологий, направленных на решение стратегических задач.

2.2.2. Признак деления - проблемы, стоящие на пути информатизации общества

1-й этап (до конца 60-х гг.) характеризуется проблемой обработки больших объемов данных в условиях ограниченных возможностей аппаратных средств.

2-й этап (до конца 70-х гг.) связывается с распространением ЭВМ серии IBM/360. Проблема этого этапа - отставание программного обеспечения от уровня развития аппаратных средств.

3-й - этап (с начала 80-х гг.) - компьютер становится инструментом непрофессионального пользователя, а информационные системы - средством поддержки принятия его решений. Проблемы - максимальное удовлетворение потребностей пользователя и создание соответствующего интерфейса работы в компьютерной среде.

4-й этап (с начала 90-х гг.) - создание современной технологии межорганизационных связей и информационных систем. Проблемы этого этапа весьма многочисленны. Наиболее существенными из них являются:

- выработка соглашений и установление стандартов, протоколов для компьютерной связи;
- организация доступа к стратегической информации;
- организация защиты и безопасности информации.

2.2.3. Признак деления - преимущество, которое приносит компьютерная технология

- 1-й этап (с начала 60-х гг.) характеризуется довольно эффективной обработкой информации при выполнении рутинных операций с ориентацией на централизованное коллективное использование ресурсов

вычислительных центров. Основным критерием оценки эффективности создаваемых информационных систем была разница между затраченными на разработку и сэкономленными в результате внедрения средствами. Основной проблемой на этом этапе была психологическая - плохое взаимодействие пользователей, для которых создавались информационные системы, и разработчиков из-за различия их взглядов и понимания решаемых проблем. Как следствие этой проблемы, создавались системы, которые пользователи плохо воспринимали и, несмотря на их достаточно большие возможности, не использовали в полной мере.

- 2-й этап (с середины 70-х гг.) связан с появлением персональных компьютеров. Изменился подход к созданию информационных систем - ориентация смещается в сторону индивидуального пользователя для поддержки принимаемых им решений. Пользователь заинтересован в проводимой разработке, налаживается контакт с разработчиком, возникает взаимопонимание обеих групп специалистов. На этом этапе используется как централизованная обработка данных, характерная для первого этапа, так и децентрализованная, базирующаяся на решении локальных задач и работе с локальными базами данных на рабочем месте пользователя.
- 3-й этап (с начала 90-х гг.) связан с понятием анализа стратегических преимуществ в бизнесе и основан на достижениях телекоммуникационной технологии распределенной обработки информации. Информационные системы имеют своей целью не просто увеличение эффективности обработки данных и помощь управленцу. Соответствующие информационные технологии должны помочь организации выстоять в конкурентной борьбе и получить преимущество.

2.2.4. Признак деления - виды инструментария технологии

- 1-й этап (до второй половины XIX в.)- *"ручная"* информационная технология, инструментарий которой составляли: перо, чернильница, книга. Коммуникации осуществлялись ручным способом путем переправки через почту писем, пакетов, депеш. Основная цель технологии - представление информации в нужной форме.
- 2-й этап (с конца XIX в.) - *"механическая"* технология, инструментарий которой составляли: пишущая машинка, телефон, диктофон, оснащенная более совершенными средствами доставки почта. Основная цель технологии - представление информации в нужной форме более удобными средствами.

- 3-й этап (40 - 60-е гг. XX в.) - *"электрическая"* технология, инструментарий которой составляли: большие ЭВМ и соответствующее программное обеспечение, электрические пишущие машинки, ксероксы, портативные диктофоны.

Изменяется цель технологии. Акцент в информационной технологии начинает перемещаться с формы представления информации на формирование ее содержания.

- 4-й этап (с начала 70-х гг.) - *"электронная"* технология, основным инструментарием которой становятся большие ЭВМ и создаваемые на их базе автоматизированные системы управления (АСУ) и информационно-поисковые системы (ИПС), оснащенные широким спектром базовых и специализированных программных комплексов. Центр тяжести технологии еще более смещается на формирование содержательной стороны информации для управленческой среды различных сфер общественной жизни, особенно на организацию аналитической работы. Множество объективных и субъективных факторов не позволили решить стоящие перед новой концепцией информационной технологии поставленные задачи. Однако был приобретен опыт формирования содержательной стороны управленческой информации и подготовлена профессиональная, психологическая и социальная база для перехода на новый этап развития технологии.
- 5-й этап (с середины 80-х гг.) - *"компьютерная"* ("новая") технология, основным инструментарием которой является персональный компьютер с широким спектром стандартных программных продуктов разного назначения. На этом этапе происходит процесс персонализации АСУ, который проявляется в создании систем поддержки принятия решений определенными специалистами. Подобные системы имеют встроенные элементы анализа и интеллекта для разных уровней управления, реализуются на персональном компьютере и используют телекоммуникации. В связи с переходом на микропроцессорную базу существенным изменениям подвергаются и технические средства бытового, культурного и прочего назначений. Начинают широко использоваться в различных областях глобальные и локальные компьютерные сети.

2.3. Проблемы использования информационных технологий

2.3.1. Устаревание информационной технологии

Для информационных технологий является вполне естественным то, что они устаревают и заменяются новыми.

Пример 2.3. На смену технологии пакетной обработки программ на большой ЭВМ в вычислительном центре пришла технология работы на персональном компьютере на рабочем месте пользователя.

2.3.2. Методология использования информационной технологии

Централизованная обработка информации на ЭВМ вычислительных центров была первой исторически сложившейся технологией. Создавались крупные вычислительные центры (ВЦ) коллективного пользования, оснащенные большими ЭВМ (в нашей стране - ЭВМ ЕС). Применение таких ЭВМ позволяло обрабатывать большие массивы входной информации и получать на этой основе различные виды информационной продукции, которая затем передавалась пользователям. Такой технологический процесс был обусловлен недостаточным оснащением вычислительной техникой предприятий и организаций в 60 - 70-е гг.

Достоинства методологии централизованной технологии:

- возможность обращения пользователя к большим массивам информации в виде баз данных и к информационной продукции широкой номенклатуры;
- сравнительная легкость внедрения методологических решений по развитию и совершенствованию информационной технологии благодаря централизованному их принятию.

Недостатки такой методологии очевидны:

- ограниченная ответственность низшего персонала, который не способствует оперативному получению информации пользователем, тем самым препятствуя правильности выработки управленческих решений;

- ограничение возможностей пользователя в процессе получения и использования информации.

Децентрализованная обработка информации связана с появлением в 80-х гг. персональных компьютеров и развитием средств телекоммуникаций. Она весьма существенно потеснила предыдущую технологию, поскольку дает пользователю широкие возможности в работе с информацией и не ограничивает его инициатив.

Достоинствами такой методологии являются:

- гибкость структуры, обеспечивающая простор инициативам пользователя;
- усиление ответственности низшего звена сотрудников;
- уменьшение потребности в пользовании центральным компьютером и соответственно контроле со стороны вычислительного центра;
- более полная реализация творческого потенциала пользователя благодаря использованию средств компьютерной связи.

Однако эта методология имеет свои *недостатки*:

- сложность стандартизации из-за большого числа уникальных разработок;
- психологическое неприятие пользователями рекомендуемых вычислительным центром стандартов и готовых программных продуктов;
- неравномерность развития уровня информационной технологии на локальных местах, что в первую очередь определяется уровнем квалификации конкретного работника.

Описанные достоинства и недостатки централизованной и децентрализованной информационной технологии привели к необходимости придерживаться линии разумного применения и того, и другого подхода. Такой подход назовем *рациональной методологией* и покажем, как в этом случае будут распределяться обязанности:

- вычислительный центр должен отвечать за выработку общей стратегии использования информационной технологии, помогать пользователям как в работе, так и в обучении, устанавливать стандарты и определять политику применения программных и технических средств;
- персонал, использующий информационную технологию, должен придерживаться указаний вычислительного центра, осуществлять

разработку своих локальных систем и технологий в соответствии с общим планом организации.

Рациональная методология использования информационной технологии позволяет достичь большей гибкости, поддерживать общие стандарты, осуществить совместимость информационных локальных продуктов, снизить дублирование деятельности и др.

3. ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

3.1. Предварительная информация

Информация, сообщения, сигналы. Понятия *информации* и *сообщения* употребляются довольно часто. Эти близкие по смыслу понятия сложны и дать точное определение непросто. Слово *информация* в переводе с латинского означает осведомленность, разъяснение, ознакомление. В широком смысле *информацию* 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 большие расстояния.

Для *передачи* и *хранения* информации используют различные знаки (символы), позволяющие представить ее в некоторой форме. Этими знаками могут быть буквы, цифры, слова, жесты, рисунки, различные формы колебаний (звуковых, электрических), математические символы и т.д. Совокупность знаков, отображающих информацию, называют *сообщением*. Например, текст телеграммы, представляющий собой последовательность отдельных знаков, является сообщением. При передаче движущихся изображений в телевизионных системах сообщение представляет собой изменение во времени яркости элементов изображения.

Передача сообщения на расстояние осуществляется с помощью какого-либо материального носителя (бумаги, компакт диска, флэшки) или физического процесса (звуковых или электромагнитных волн, тока и т.д.). Физический процесс, отображающий (несущий) сообщение, называется *сигналом*.

В современных системах связи используют электрические сигналы. Физической величиной являются ток или напряжение. Сигналы формируются путем изменения тока или напряжения в соответствии с передаваемым сообщением. Этот процесс принято называть *модуляцией*. Сигнал всегда является функцией времени, даже если сообщение таковым не является. Если сигнал представляет собой функцию $x(t)$, принимающую только определенные дискретные значения x , (например, 1 или 0), то его называют *дискретным* или *дискретным по уровню* (амплитуде). Точно также и сообщение, принимающее только некоторые определенные уровни, называют дискретным. Если же сигнал (или сообщение) может принимать любые уровни в некотором интервале, то они называются *непрерывными* или *аналоговыми*.

В некоторых случаях сообщение или сигнал задают не на всей оси времени, а в определенные моменты времени t . Такие сообщения (сигналы) называют *дискретными по времени*, в отличие от непрерывных по времени, заданных на всей оси t . Например, речь является сообщением непрерывным как

по уровню, так и по времени. Датчик температуры, выдающий ее значение каждые 5 мин., служит источником сообщений непрерывных по величине и дискретных по времени. На рис.3.1 проиллюстрированы различные виды сигналов. Сигнал с конечным числом дискретных уровней часто называют цифровым сигналом, поскольку уровни можно пронумеровать числами с конечным числом разрядов.

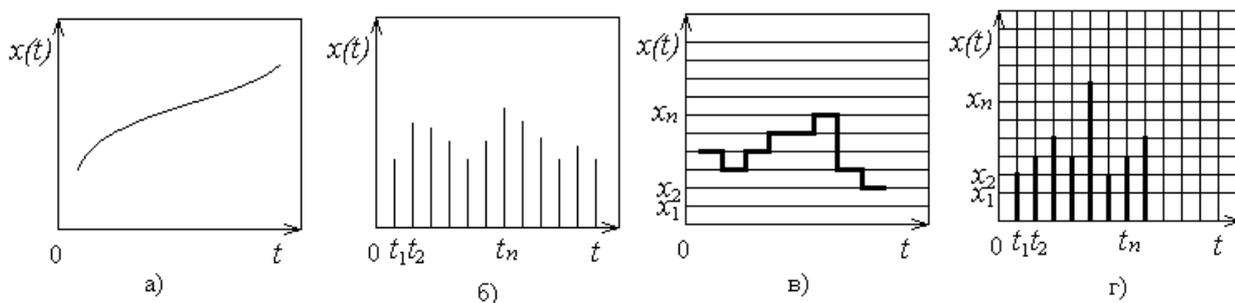


Рис.3.1 Виды сигналов: а) непрерывный сигнал; б) дискретный по времени сигнал; в) сигнал, квантованный по уровню; г) цифровой сигнал

Не следует думать, что дискретные сообщения обязательно преобразуются в дискретные сигналы, а непрерывные сообщения – в непрерывные сигналы. Чаще всего именно непрерывные сигналы используются для передачи дискретных сообщений.

Сообщение с помощью специальных устройств (датчиков) преобразуется в электрическую величину $b(t)$ – *первичный сигнал*. При передаче речи такое преобразование выполняет микрофон, при передаче изображения – телевизионная камера. В большинстве случаев первичный сигнал является низкочастотным колебанием, которое отображает передаваемое сообщение. В некоторых случаях первичный сигнал непосредственно передают по линии. Так поступают при обычной городской телефонной связи. Для передачи на большие расстояния (по кабелю или радиоканалу) первичный сигнал преобразуется в высокочастотный.

Если бы передаваемое сообщение было *детерминированным*, т.е. заранее известным с полной достоверностью, то передача его не имела бы смысла. Поэтому сообщения следует рассматривать как *случайные события* (или *случайные величины, случайные функции*). Другими словами должно существовать некоторое множество вариантов сообщения, из которых реализуется одно с определенной вероятностью. Поэтому и сигнал является случайной функцией. Детерминированный сигнал не может быть носителем информации. Его можно использовать лишь для испытания системы связи или для измерения канальных характеристик.

Случайный характер сообщений, сигналов и помех обусловил важнейшее значение теории вероятностей в построении теории связи. Вероятностные свойства сигналов и сообщений, а также среды, в которой передается сигнал, позволяют определить *количество передаваемой информации* и ее *потери*.

Описанием конкретного сигнала может быть некоторая функция времени $x(t)$. Определив так или иначе эту функцию, определяем и сигнал. Однако полное описание сигнала не всегда требуется. Для решения некоторых вопросов достаточно более общего описания в виде некоторых параметров, характеризующих основные свойства сигнала. Например, когда перевозят груз, бывает достаточно указать его габариты и массу, другие характеристики груза могут не иметь существенного значения. Сигнал также является объектом транспортировки, а *техника связи* – техникой транспортирования сигналов по *каналу 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* F . Всякий сигнал, рассматриваемый как временной процесс, имеет начало и конец. Поэтому длительность T является естественным параметром сигнала. Динамический диапазон – это отношение наибольшей мгновенной мощности сигнала к той наименьшей мощности, которую необходимо отличать от нуля при заданном качестве передачи. Он выражается обычно в децибеллах. Динамический диапазон речи диктора обычно равен 25...30дБ, небольшого вакального ансамбля 45...65дБ, симфонического оркестра 70...95дБ. Ширина спектра F 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. Этим диапазоном и определяется ширина спектра сигнала.

В технике связи спектр сигнала часто сознательно сокращают. Это обусловлено тем, что аппаратура и линия связи имеют ограниченную *полосу пропускания частот*. Сокращение спектра осуществляется исходя из допустимых искажений сигнала. Например, при телефонной связи требуется, чтобы речь была разборчива и чтобы корреспонденты могли узнать друг друга по голосу. Для выполнения этих условий достаточно передать речевой сигнал в полосе от 300 до 3400 Гц. Передача более широкого спектра речи в этом случае нецелесообразна, так как ведет к техническим усложнениям и увеличению затрат. Аналогично необходимая ширина спектра телевизионного сигнала определяется требуемой четкостью изображения. При стандарте в 625 строк верхняя частота сигнала достигает 6 МГц. Спектр сигнала изображения много шире спектра сигнала звукового сопровождения. Это существенно усложняет построение систем телевизионного вещания по сравнению с системами звукового вещания.

Можно ввести общую характеристику сигнала – *объем сигнала*:

$$V_c = T_c F_c D_c . \quad (3.1)$$

Объем сигнала дает общее представление о возможностях данного множества сигналов, как переносчиков сообщения. Чем больше объем сигнала, тем больше информации можно вложить в этот объем и тем труднее передать такой сигнал по каналу связи с требуемым качеством.

3.2. Пропускная способность канала

Максимально возможная при определенных условиях скорость, при которой информация может передаваться по конкретному тракту связи, или каналу, называется **пропускной способностью канала**.

3.2.1. Ширина полосы по Найквисту

Рассмотрим вначале канал в отсутствие шумов. В таких условиях ограничения на скорость передачи данных накладывает только ширина полосы сигнала. По Найквисту это ограничение формулируется следующим образом: если скорость передачи сигнала равна 2ν , то с этой скоростью могут передаваться сигналы с частотами, не превышающими ν . Справедливо и обратное: для сигнала с шириной полосы ν наивысшая скорость передачи составляет 2ν .

Отметим, что в предыдущем абзаце мы упоминали о скорости передачи сигнала. Если передаваемый сигнал является двоичным (т.е. имеет два уровня напряжения), то скорость передачи данных, которая может поддерживаться при полосе ν Гц, равна 2ν бит/с.

При многоуровневой передаче данных формула Найквиста принимает следующий вид [1]:

$$C=2\nu\log_2M,$$

где M – количество дискретных сигналов или уровней напряжения, C – пропускная способность канала.

3.2.2. Формула Шеннона для пропускной способности

Из формулы Найквиста видно, что при неизменных остальных параметрах удвоение ширины полосы удваивает скорость передачи данных. Рассмотрим теперь связь между скоростью передачи данных, шумом и уровнем ошибок. Наличие шума может привести к повреждению одного или нескольких битов. При увеличении скорости передачи данных, биты становятся “короче”, поэтому при данном шуме поражается уже большее количество битов. Следовательно, чем выше скорость передачи данных при определённом уровне шума, тем выше уровень ошибок.

Пример воздействия шума на цифровой сигнал показан на рис. 3.2. Здесь шум складывается из фоновых помех относительно умеренного уровня и случайных всплесков импульсных помех. Цифровую информацию можно восстановить из сигнала путём дискретизации полученной формы сигнала, т.е. её измерения через определённые промежутки времени. Как легко видеть, случайного шума достаточно для изменения 1 на 0 или 0 на 1.

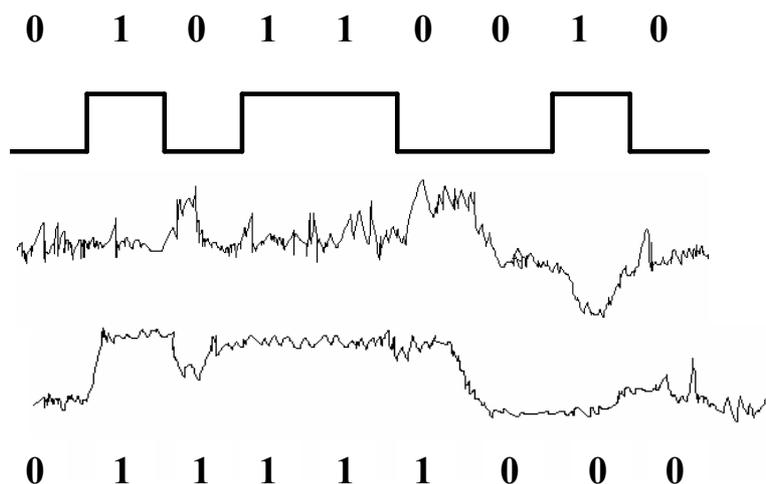


Рис. 3.2. Воздействие шума на цифровой сигнал

Ключевым параметром, иллюстрирующим действие шума, является отношение сигнал/ шум (signal to noise ratio - SNR). Для удобства это отношение часто представляется в децибелах:

$$\text{SNR}_{\text{дБ}} = 10 \lg(\text{мощность сигнала} / \text{мощность шума}).$$

Отношение сигнал/ шум довольно важно при передаче цифровых данных, поскольку оно задаёт верхнюю границу возможной скорости передачи. Для максимальной пропускной способности канала Шенноном был получен следующий результат [1]:

$$C = v \log(1 + \text{SNR}),$$

где C – пропускная способность канала в битах в секунду, а v – ширина полосы канала в герцах.

Пример 3.1. Предположим, что спектр канала занимает полосу частот от 3 до 4 МГц, а отношение сигнал/шум (SNR) составляет 24 дБ.

Тогда

$$\begin{aligned} v &= 4 \text{ МГц} - 3 \text{ МГц} = 1 \text{ МГц}, \\ \text{SNR}_{\text{дБ}} &= 24 \text{ дБ} = 10 \lg(\text{SNR}), \\ \text{SNR} &= 251. \end{aligned}$$

Используем формулу Шеннона

$$C = 10^6 \times \log_2(1 + 251) = 10^6 \times 8 = 8 \text{ Мбит/с}.$$

Это теоретический предел и, как уже говорилось, достичь его нереально.

Предположим, однако, что мы его достигли! Сколько по формуле Найквиста, для этого потребуется уровней сигнала? Получаем

$$\begin{aligned} C &= 2v \log_2 M, \\ 8 \times 10^6 &= 2 \times (10^6) \times \log_2 M, \\ 4 &= \log_2 M, \\ M &= 16. \end{aligned}$$

4. СЕТИ СВЯЗИ

4.1. Методы коммутации

Коммутация — процесс соединения абонентов коммуникационной сети через транзитные узлы.

Коммуникационные сети должны обеспечивать связь своих абонентов между собой. Абонентами могут выступать ЭВМ, сегменты локальных сетей, факс-аппараты или телефонные собеседники. Как правило, в сетях общего доступа невозможно предоставить каждой паре абонентов собственную физическую линию связи, которой они могли бы монопольно «владеть» и использовать в любое время. Поэтому в сети всегда применяется какой-либо способ коммутации абонентов, который обеспечивает разделение имеющихся физических каналов между несколькими сеансами связи и между абонентами сети [4-10].

Каждый абонент соединен с коммутаторами индивидуальной линией связи, закрепленной за этим абонентом. Линии связи протянутые между коммутаторами разделяются несколькими абонентами, то есть используются совместно.

4.1.1. Коммутаторы

Коммутация по праву считается одной из самых популярных современных технологий. Коммутаторы по всему фронту теснят мосты и маршрутизаторы, оставляя за последними только организацию связи через глобальную сеть. Популярность коммутаторов обусловлена прежде всего тем, что они позволяют за счет сегментации повысить производительность сети. Помимо разделения сети на мелкие сегменты, коммутаторы дают возможность создавать логические сети и легко перегруппировывать устройства в них. Иными словами, коммутаторы позволяют создавать виртуальные сети.

В 1994 году компания IDC дала свое определение коммутатора локальных сетей: “коммутатор – это устройство, конструктивно выполненное в виде сетевого концентратора и действующее как высокоскоростной многопортовый мост; встроенный механизм коммутации позволяет осуществить сегментирование локальной сети, а также выделить полосу пропускания конечным станциям в сети”.

Впервые коммутаторы появились в конце 80-х годов. Первые коммутаторы использовались для перераспределения пропускной способности и, соответственно, повышения производительности сети. Можно сказать, что коммутаторы первоначально применялись исключительно для сегментации сети. В наше время произошла переориентация, и теперь в большинстве

случаев коммутаторы используются для прямого подключения к конечным станциям.

Широкое применение коммутаторов значительно повысило эффективность использования сети за счет равномерного распределения полосы пропускания между пользователями и приложениями. Несмотря на то что первоначальная стоимость была довольно высока, тем не менее они были значительно дешевле и проще в настройке и использовании, чем маршрутизаторы. Широкое распространение коммутаторов на уровне рабочих групп можно объяснить тем, что коммутаторы позволяют повысить отдачу от уже существующей сети. При этом для повышения производительности всей сети не нужно менять существующую кабельную систему и оборудование конечных пользователей.

Коммутаторы делятся на четыре категории: Простые автономные коммутаторы сетей рабочих групп позволяют некоторым сетевым устройствам или сегментам обмениваться информацией с максимальной для данной кабельной системы скоростью. Они могут выполнять роль мостов для связи с другими сетевыми сегментами, но не транслируют протоколы и не обеспечивают повышенную пропускную способность с отдельными выделенными устройствами, такими как серверы. Коммутаторы рабочих групп второй категории обеспечивают высокоскоростную связь одного или нескольких портов с сервером или базовой станцией. Третью категорию составляют коммутаторы сети отдела предприятия, которые часто используются для взаимодействия сетей рабочих групп. Они представляют более широкие возможности администрирования и повышения производительности сети. Такие устройства поддерживают древовидную архитектуру связей, которая используется для передачи информации по резервным каналам и фильтрации пакетов. Физически такие коммутаторы поддерживают резервные источники питания и позволяют оперативно менять модули. Последняя категория – это коммутаторы сети масштаба предприятия, выполняющие диспетчеризацию трафика, определяя наиболее эффективный маршрут. Они могут поддерживать большое количество логических соединений сети. Многие производители корпоративных коммутаторов предлагают в составе своих изделий модули ATM. Эти коммутаторы осуществляют трансляцию протоколов Ethernet в протоколы ATM.

4.1.2. Виды коммутации

Существует две принципиально различные технологии коммутации:

- **Коммутация каналов (КК, *circuit switching*)** — организация составного канала через несколько транзитных узлов из нескольких последовательно «соединённых» каналов на время передачи сообщения (*оперативная коммутация*) или на более длительный срок (*постоянная/долговременная*)

коммутация — время коммутации определяется административно, то есть пришёл техник и скомутировал каналы физически на час, день, год, вечно и т. п., потом пришёл и раскоммутировал).

- **Коммутация пакетов** (КП, *packet switching*) — разбиение сообщения на «пакеты», которые передаются отдельно. Разница между сообщением и пакетом: размер пакета ограничен технически, сообщения — логически. При этом, если маршрут движения пакетов между узлами определён заранее, говорят о *виртуальном канале* (с установлением соединения). Пример: коммутация IP-пакетов. Если же для каждого пакета задача нахождения пути решается заново, говорят о *дейтаграммном* (без установления соединения) способе пакетной коммутации.

4.2. Стек протоколов TCP/IP

4.2.1. История и перспективы стека TCP/IP

Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) - это промышленный стандарт стека протоколов, разработанный для глобальных сетей.

Стандарты TCP/IP опубликованы в серии документов, названных Request for Comment (RFC). Документы RFC описывают внутреннюю работу сети Internet. Некоторые RFC описывают сетевые сервисы или протоколы и их реализацию, в то время как другие обобщают условия применения. Стандарты TCP/IP всегда публикуются в виде документов RFC, но не все RFC определяют стандарты [4-10].

Стек был разработан по инициативе Министерства обороны США (Department of Defence, DoD) для связи экспериментальной сети ARPAnet с другими сателлитными сетями как набор общих протоколов для разнородной вычислительной среды. Сеть ARPA поддерживала разработчиков и исследователей в военных областях. В сети ARPA связь между двумя компьютерами осуществлялась с использованием протокола Internet Protocol (IP), который и по сей день является одним из основных в стеке TCP/IP и фигурирует в названии стека.

Большой вклад в развитие стека TCP/IP внес университет Беркли, реализовав протоколы стека в своей версии ОС UNIX. Широкое распространение ОС UNIX привело и к широкому распространению протокола IP и других протоколов стека. На этом же стеке работает всемирная информационная сеть Internet, чье подразделение Internet Engineering Task Force (IETF) вносит основной вклад в совершенствование стандартов стека, публикуемых в форме спецификаций RFC.

Стек TCP/IP распространен в сетях с ОС UNIX, реализация его в разных версиях сетевых операционных систем для персональных компьютеров (Windows NT 3.5, NetWare 4.1, Windows 95 и т.д.) является хорошей предпосылкой для быстрого роста числа установок стека TCP/IP.

Итак, лидирующая роль стека TCP/IP объясняется следующими его свойствами:

- Это наиболее завершенный стандартный и в то же время популярный стек сетевых протоколов, имеющий многолетнюю историю.
- Почти все большие сети передают основную часть своего трафика с помощью протокола TCP/IP.
- Это метод получения доступа к сети Internet.
- Этот стек служит основой для создания intranet- корпоративной сети, использующей транспортные услуги Internet и гипертекстовую технологию WWW, разработанную в Internet.
- Все современные операционные системы поддерживают стек TCP/IP.
- Это гибкая технология для соединения разнородных систем как на уровне транспортных подсистем, так и на уровне прикладных сервисов.
- Это устойчивая масштабируемая межплатформенная среда для приложений клиент-сервер.

4.2.2. Структура стека TCP/IP. Краткая характеристика протоколов

Так как стек TCP/IP был разработан до появления модели взаимодействия открытых систем ISO/OSI, то, хотя он также имеет многоуровневую структуру, соответствие уровней стека TCP/IP уровням модели OSI достаточно условно [4-10].

Структура протоколов TCP/IP приведена на рисунке 4.1. Протоколы TCP/IP делятся на 4 уровня [4] (в некоторых источниках на 5 уровней [1]).

Самый нижний (*уровень IV*) соответствует физическому и каналному уровням модели OSI. Этот уровень в протоколах TCP/IP не регламентируется, но поддерживает все популярные стандарты физического и канального уровня: для локальных сетей это Ethernet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN, для глобальных сетей - протоколы соединений "точка-точка" SLIP и PPP, протоколы территориальных сетей с коммутацией пакетов X.25, frame relay. Разработана также специальная спецификация, определяющая использование технологии ATM в качестве транспорта канального уровня. Обычно при появлении новой технологии локальных или глобальных сетей она быстро включается в стек TCP/IP за счет разработки соответствующего RFC, определяющего метод инкапсуляции пакетов IP в ее кадры.

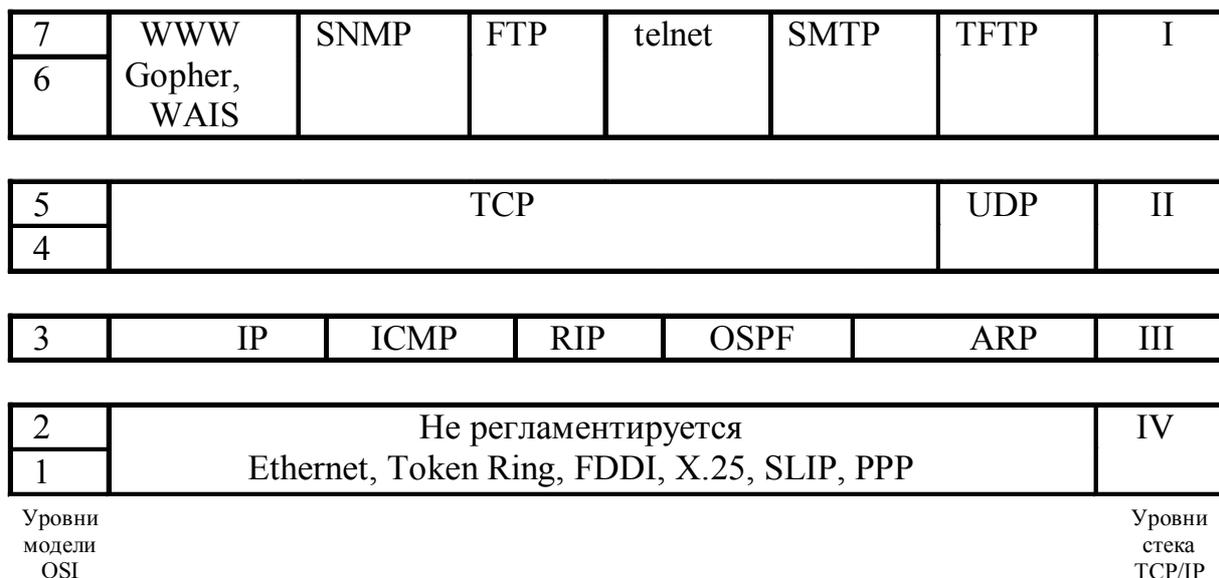


Рис. 4.1. Стек TCP/IP

Следующий уровень (*уровень III*) - это уровень межсетевого взаимодействия, который занимается передачей пакетов с использованием различных транспортных технологий локальных сетей, территориальных сетей, линий специальной связи и т. п.

В качестве основного протокола сетевого уровня (в терминах модели OSI) в стеке используется протокол **IP**, который изначально проектировался как протокол передачи пакетов в составных сетях, состоящих из большого количества локальных сетей, объединенных как локальными, так и глобальными связями. Поэтому протокол IP хорошо работает в сетях со сложной топологией, рационально используя наличие в них подсистем и экономно расходуя пропускную способность низкоскоростных линий связи. Протокол IP является дейтаграммным протоколом, то есть он не гарантирует доставку пакетов до узла назначения, но старается это сделать.

К уровню межсетевого взаимодействия относятся и все протоколы, связанные с составлением и модификацией таблиц маршрутизации, такие как протоколы сбора маршрутной информации **RIP** (Routing Internet Protocol) и **OSPF** (Open Shortest Path First), а также протокол межсетевых управляющих сообщений **ICMP** (Internet Control Message Protocol). Последний протокол предназначен для обмена информацией об ошибках между маршрутизаторами сети и узлом - источником пакета. С помощью специальных пакетов ICMP сообщается о невозможности доставки пакета, о превышении времени жизни или продолжительности сборки пакета из фрагментов, об аномальных величинах параметров, об изменении маршрута пересылки и типа обслуживания, о состоянии системы и т.п.

Следующий уровень (*уровень II*) называется основным. На этом уровне функционируют протокол управления передачей **TCP** (Transmission Control

Protocol) и протокол дейтаграмм пользователя **UDP** (User Datagram Protocol). Протокол TCP обеспечивает надежную передачу сообщений между удаленными прикладными процессами за счет образования виртуальных соединений. Протокол UDP обеспечивает передачу прикладных пакетов дейтаграммным способом, как и IP, и выполняет только функции связующего звена между сетевым протоколом и многочисленными прикладными процессами.

Верхний уровень (*уровень I*) называется прикладным. За долгие годы использования в сетях различных стран и организаций стек TCP/IP накопил большое количество протоколов и сервисов прикладного уровня. К ним относятся такие широко используемые протоколы, как протокол копирования файлов FTP, протокол эмуляции терминала telnet, почтовый протокол SMTP, используемый в электронной почте сети Internet, гипертекстовые сервисы доступа к удаленной информации, такие как WWW и многие другие. Остановимся несколько подробнее на некоторых из них.

Протокол пересылки файлов **FTP** (File Transfer Protocol) реализует удаленный доступ к файлу. Для того, чтобы обеспечить надежную передачу, FTP использует в качестве транспорта протокол с установлением соединений - TCP. Кроме пересылки файлов протокол FTP предлагает и другие услуги. Так, пользователю предоставляется возможность интерактивной работы с удаленной машиной, например, он может распечатать содержимое ее каталогов. Наконец, FTP выполняет аутентификацию пользователей. Прежде, чем получить доступ к файлу, в соответствии с протоколом пользователи должны сообщить свое имя и пароль. Для доступа к публичным каталогам FTP-архивов Internet парольная аутентификация не требуется, и ее обходят за счет использования для такого доступа предопределенного имени пользователя Anonymous.

В стеке TCP/IP протокол FTP предлагает наиболее широкий набор услуг для работы с файлами, однако он является и самым сложным для программирования. Приложения, которым не требуются все возможности FTP, могут использовать другой, более экономичный протокол - простейший протокол пересылки файлов **TFTP** (Trivial File Transfer Protocol). Этот протокол реализует только передачу файлов, причем в качестве транспорта используется более простой, чем TCP, протокол без установления соединения - UDP.

Протокол **telnet** обеспечивает передачу потока байтов между процессами, а также между процессом и терминалом. Наиболее часто этот протокол используется для эмуляции терминала удаленного компьютера. При использовании сервиса telnet пользователь фактически управляет удаленным компьютером так же, как и локальный пользователь, поэтому такой вид доступа требует хорошей защиты. Поэтому серверы telnet всегда используют как

минимум аутентификацию по паролю, а иногда и более мощные средства защиты, например, систему Kerberos.

Протокол **SNMP** (Simple Network Management Protocol) используется для организации сетевого управления. Изначально протокол SNMP был разработан для удаленного контроля и управления маршрутизаторами Internet, которые традиционно часто называют также шлюзами. С ростом популярности протокол SNMP стали применять и для управления любым коммуникационным оборудованием - концентраторами, мостами, сетевыми адаптерами и т.д. и т.п. Проблема управления в протоколе SNMP разделяется на две задачи.

Первая задача связана с передачей информации. Протоколы передачи управляющей информации определяют процедуру взаимодействия SNMP-агента, работающего в управляемом оборудовании, и SNMP-монитора, работающего на компьютере администратора, который часто называют также консолью управления. Протоколы передачи определяют форматы сообщений, которыми обмениваются агенты и монитор.

Вторая задача связана с контролируемыми переменными, характеризующими состояние управляемого устройства. Стандарты регламентируют, какие данные должны сохраняться и накапливаться в устройствах, имена этих данных и синтаксис этих имен. В стандарте SNMP определена спецификация информационной базы данных управления сетью. Эта спецификация, известная как база данных MIB (Management Information Base), определяет те элементы данных, которые управляемое устройство должно сохранять, и допустимые операции над ними.

4.3. Модель OSI

Сетевая модель OSI (ЭМВОС) (*базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем*, англ. *Open Systems Interconnection Basic Reference Model*, 1978 г.) — абстрактная сетевая модель для коммуникаций и разработки сетевых протоколов. Предлагает взгляд на компьютерную сеть с точки зрения измерений. Каждое измерение обслуживает свою часть процесса взаимодействия. Благодаря такой структуре совместная работа сетевого оборудования и программного обеспечения становится гораздо проще и прозрачнее [1, 3-10].

В настоящее время основным используемым стеком протоколов является TCP/IP, разработка которого не была связана с моделью OSI и к тому же была совершена до её принятия.

Уровни модели OSI

Модель состоит из семи уровней, расположенных друг над другом. Уровни взаимодействуют друг с другом (по «вертикали») посредством

интерфейсов, и могут взаимодействовать с параллельным уровнем другой системы (по «горизонтали») с помощью протоколов. Каждый уровень может взаимодействовать только со своими соседями и выполнять отведённые только ему функции. Подробнее можно посмотреть на рисунке.

Модель OSI		
Тип данных	Уровень	Функции
Данные	7. Прикладной	Доступ к сетевым службам
	6. Представления	Представление и кодирование данных
	5. Сеансовый	Управление сеансом связи
Сегменты	4. Транспортный	Прямая связь между конечными пунктами и надежность
Пакеты	3. Сетевой	Определение маршрута и логическая адресация
Кадры	2. Канальный	Физическая адресация
Биты	1. Физический	Работа со средой передачи, сигналами и двоичными данными

Прикладной (приложений) уровень (англ. Application layer)

Верхний уровень модели, обеспечивает взаимодействие пользовательских приложений с сетью. Этот уровень позволяет приложениям использовать сетевые службы, такие как удалённый доступ к файлам и базам данных, пересылка электронной почты. Также отвечает за передачу служебной информации, предоставляет приложениям информацию об ошибках и формирует запросы к **уровню представления**.

Представительский (Уровень представления)(англ. Presentation layer)

Этот уровень отвечает за преобразование протоколов и кодирование/декодирование данных. Запросы приложений, полученные с прикладного уровня, он преобразует в формат для передачи по сети, а полученные из сети данные преобразует в формат, понятный приложениям. На этом уровне может осуществляться сжатие/распаковка или кодирование/декодирование данных, а также перенаправление запросов другому сетевому ресурсу, если они не могут быть обработаны локально.

Уровень 6 (представлений) эталонной модели OSI обычно представляет собой промежуточный протокол для преобразования информации из соседних

уровней. Это позволяет осуществлять обмен между приложениями на разнородных компьютерных системах прозрачным для приложений образом. Уровень представлений обеспечивает форматирование и преобразование кода. Форматирование кода используется для того, чтобы гарантировать приложению поступление информации для обработки, которая имела бы для него смысл. При необходимости этот уровень может выполнять перевод из одного формата данных в другой.

Уровень представлений имеет дело не только с форматами и представлением данных, он также занимается структурами данных, которые используются программами. Таким образом, уровень 6 обеспечивает организацию данных при их пересылке.

Чтобы понять, как это работает, представим, что имеются две системы. Одна использует для представления данных расширенный двоичный код обмена информацией EBCDIC, например, это может быть мейнфрейм компании IBM, а другая — американский стандартный код обмена информацией ASCII (его используют большинство других производителей компьютеров). Если этим двум системам необходимо обменяться информацией, то нужен уровень представлений, который выполнит преобразование и осуществит перевод между двумя различными форматами.

Другой функцией, выполняемой на уровне представлений, является шифрование данных, которое применяется в тех случаях, когда необходимо защитить передаваемую информацию от приема несанкционированными получателями. Чтобы решить эту задачу, процессы и коды, находящиеся на уровне представлений, должны выполнить преобразование данных. На этом уровне существуют и другие подпрограммы, которые сжимают тексты и преобразовывают графические изображения в битовые потоки, так что они могут передаваться по сети.

Стандарты уровня представлений также определяют способы представления графических изображений. Для этих целей может использоваться формат PICT — формат изображений, применяемый для передачи графики QuickDraw между программами для компьютеров Macintosh и PowerPC.

Другим форматом представлений является тэгируемый формат файлов изображений TIFF, который обычно используется для растровых изображений с высоким разрешением. Следующим стандартом уровня представлений, который может использоваться для графических изображений, является стандарт, разработанный Объединенной экспертной группой по фотографии (Joint Photographic Expert Group); в повседневном пользовании этот стандарт называют просто JPEG.

Существует другая группа стандартов уровня представлений, которая определяет представление звука и кинофрагментов. Сюда входят интерфейс электронных музыкальных инструментов (англ. *Musical Instrument Digital Interface*, MIDI) для цифрового представления музыки, разработанный Экспертной группой по кинематографии стандарт MPEG, используемый для сжатия и кодирования видеороликов на компакт-дисках, хранения в оцифрованном виде и передачи со скоростями до 1,5 Мбит/с, и QuickTime — стандарт, описывающий звуковые и видео элементы для программ, выполняемых на компьютерах Macintosh и PowerPC.

Сеансовый уровень (англ. Session layer)

5-й уровень модели отвечает за поддержание сеанса связи, позволяя приложениям взаимодействовать между собой длительное время. Уровень управляет созданием/завершением сеанса, обменом информацией, синхронизацией задач, определением права на передачу данных и поддержанием сеанса в периоды неактивности приложений. Синхронизация передачи обеспечивается помещением в поток данных контрольных точек, начиная с которых возобновляется процесс при нарушении взаимодействия.

Транспортный уровень (англ. Transport layer)

4-й уровень модели предназначен для доставки данных без ошибок, потерь и дублирования в той последовательности, как они были переданы. При этом не важно, какие данные передаются, откуда и куда, то есть он предоставляет сам механизм передачи. Блоки данных он разделяет на фрагменты (UDP-дейтаграмма, TCP-сегмент), размер которых зависит от протокола, короткие объединяет в один, а длинные разбивает. Пример: TCP, UDP.

Существует множество классов протоколов транспортного уровня, начиная от протоколов, предоставляющих только основные транспортные функции (например, функции передачи данных без подтверждения приема), и заканчивая протоколами, которые гарантируют доставку в пункт назначения нескольких пакетов данных в надлежащей последовательности, мультиплексируют несколько потоков данных, обеспечивают механизм управления потоками данных и гарантируют достоверность принятых данных.

Сетевой уровень (англ. Network layer)

3-й уровень сетевой модели OSI предназначен для определения пути передачи данных. Отвечает за трансляцию логических адресов и имён в физические, определение кратчайших маршрутов, коммутацию и маршрутизацию, отслеживание неполадок и «заторов» в сети.

Протоколы сетевого уровня маршрутизируют данные от источника к получателю.

На этом уровне работает маршрутизатор (роутер).

Канальный уровень (англ. Data Link layer)

Этот уровень предназначен для обеспечения взаимодействия сетей на физическом уровне и контроля за ошибками, которые могут возникнуть. Полученные с физического уровня данные он упаковывает во фреймы, проверяет на целостность, если нужно, исправляет ошибки (посылает повторный запрос поврежденного кадра) и отправляет на сетевой уровень. Канальный уровень может взаимодействовать с одним или несколькими физическими уровнями, контролируя и управляя этим взаимодействием.

Спецификация IEEE 802 разделяет этот уровень на два подуровня — MAC (Media Access Control) регулирует доступ к разделяемой физической среде, LLC (Logical Link Control) обеспечивает обслуживание сетевого уровня.

На этом уровне работают коммутаторы, мосты.

В программировании этот уровень представляет драйвер сетевой платы, в операционных системах имеется программный интерфейс взаимодействия канального и сетевого уровней между собой, это не новый уровень, а просто реализация модели для конкретной ОС.

Физический уровень (англ. Physical layer)

Самый нижний уровень модели предназначен непосредственно для передачи потока данных. Осуществляет передачу электрических или оптических сигналов в кабель или в радиоэфир и, соответственно, их приём и преобразование в биты данных в соответствии с методами кодирования цифровых сигналов. Другими словами, осуществляет интерфейс между сетевым носителем и сетевым устройством.

Определяемые на данном уровне параметры: тип передающей среды, тип модуляции сигнала, уровни логических «0» и «1» и т. д.

На этом уровне работают концентраторы (хабы), повторители (ретрансляторы) сигнала и медиаконверторы.

Функции физического уровня реализуются на всех устройствах, подключенных к сети. Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевым адаптером или последовательным портом. К физическому уровню относятся физические, электрические и механические интерфейсы между двумя системами. Физический уровень определяет такие виды среды передачи данных как оптоволокно, витая пара, коаксиальный кабель, спутниковый канал передач данных и т. п. Стандартными типами сетевых интерфейсов, относящимися к физическому уровню, являются: V.35, RS-232C, RS-485, RJ-11, RJ-45, разъемы AUI и BNC.

5. СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ

Значение спутниковой связи для развития телекоммуникации и средств передачи данных трудно переоценить. Появление спутниковой связи здесь сыграло не менее важную роль, чем внедрение оптоволокна. В этой главе приводится обзор ключевых понятий и параметров беспроводной связи, связанных с используемыми здесь спутниковыми антеннами [1].

5.1. Параметры и конфигурации спутника

Сердцем системы спутниковой связи является антенна спутника, находящегося на стационарной орбите. С помощью одного или нескольких таких спутников, используемых как космические ретрансляторы, осуществляется связь между двумя или несколькими станциями, принадлежащими одной системе спутниковой связи и расположенными на Земле или близ Земли. Системы антенн, расположенных на Земле или близ Земли, называют наземными станциями. Канал передачи данных с наземной станции на спутник называется восходящим (uplink), а канал передачи данных в обратном направлении — нисходящим (downlink). Электронное оборудование спутника, которое принимает сигналы восходящего канала и преобразует их в сигналы нисходящего канала, называется транспондером.

Спутники связи можно классифицировать по таким признакам [1].

- Зона обслуживания: может быть глобальной, региональной или национальной. Чем больше зона обслуживания, тем больше спутников будет задействовано в организации сети.
- Тип услуг: существуют спутники стационарной службы связи (fixed service satellite — FSS), радиовещательной службы (broadcast service satellite — BSS) и мобильной службы (mobile service satellite — MSS). В этой главе будут рассматриваться преимущественно спутники FSS и BSS.
- Характер использования: коммерческие, военные, любительские или экспериментальные.

При проектировании станций беспроводной связи следует учитывать те многочисленные особенности, которые отличают станции, базирующиеся на спутниках, от наземных станций.

- Зона обслуживания спутниковой системы намного превышает зону обслуживания наземной системы. Для одной антенны спутника, находящегося на геостационарной орбите, доступно около одной четвертой поверхности Земли.

- Такие ресурсы космического аппарата, как мощность и выделенная ширина полосы, весьма ограничены. Поэтому на стадии проектирования нужно выбрать оптимальное соотношение между параметрами наземной станции и спутника.
- Условия, в которых находятся общающиеся спутники, не так меняются со временем, как условия связи спутника с наземной станцией или же как условия связи двух наземных беспроводных антенн. Поэтому каналы связи спутник-спутник можно рассчитать с довольно высокой степенью точности.

Если передатчик и приемник находятся в зоне обслуживания одного спутника, то затраты на передачу данных не зависят от расстояния между ними.

- Легко внедряются широкоэвещательные, многоадресные и двухточечные приложения.
- Пользователю доступен очень широкий диапазон частот или высокая скорость передачи данных.
- В целом качество данных, передаваемых с помощью спутника, поддерживается исключительно высоким, несмотря на кратковременные отключения или ухудшение качества связи.
- Для спутников, находящихся на геостационарной орбите, задержка распространения сигнала с земли на спутник и обратно равна примерно одной четвертой секунды.
- Передающие наземные станции во многих случаях могут принимать и собственные сигналы.

5.2. Спутниковые орбиты

Существует несколько классификаций орбит спутников [1].

1. Орбита может быть круговой, с центром окружности, расположенном в центре Земли, или эллиптической, для которой центр Земли находится в одном из фокусов эллипса.
2. Спутник может вращаться вокруг Земли в разных плоскостях. Экваториальные орбиты расположены в плоскости земного экватора. Полярные орбиты проходят над обоими полюсами Земли. Все остальные орбиты называются наклонными.
3. По высоте над уровнем моря орбиты классифицируются следующим образом: геостационарные околоземные орбиты (geostationary earth orbit —

GEO), средние околоземные орбиты (medium earth orbit — МЕО) и низкие околоземные орбиты (low earth orbit — LEO). Подробнее орбиты всех типов будут рассмотрены позднее.

5.3. Расстояние

На рис. 5.1 приведена геометрическая схема, в соответствии с которой рассчитывается зона обслуживания спутника. Ключевым параметром данной схемы является угол возвышения наземной станции θ , который является углом между горизонтальной линией (т.е. линией, касательной к поверхности Земли в точке расположения антенны) и направлением основного луча антенны, нацеленного непосредственно на спутник. Максимальная величина зоны обслуживания спутника получается при нулевом угле возвышения. Тогда зона обслуживания во всех направлениях ограничивается только оптическим горизонтом спутника. Однако существуют по крайней мере ещё три проблемы, которые не позволяют строить антенны наземных станций с нулевым углом возвышения и определяют минимальный угол возвышения.

1. Нельзя игнорировать здания, деревья и другие наземные объекты, которые могут находиться на пути луча, идущего от антенны. Подобные помехи приводят к ослаблению сигнала, так как происходит его частичное поглощение или искажение вследствие многократного отражения луча.
2. Чем меньше значение угла возвышения, тем больше атмосферное поглощение, так как при малых углах возвышения сигнал проходит в атмосфере большое расстояние.
3. На качество приема также неблагоприятно влияет электрический шум, обусловленный высокой температурой около поверхности Земли.

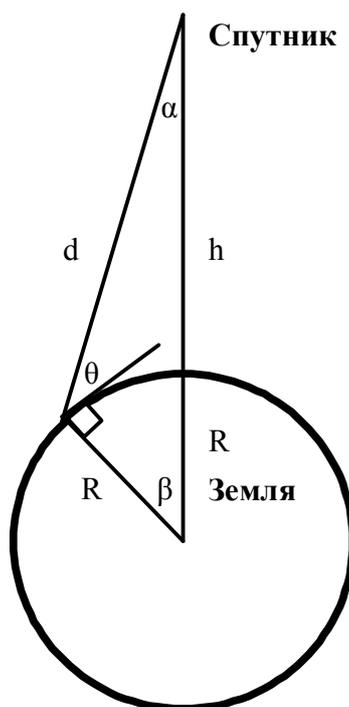


Рис. 5.1. Охват и угол возвышения

При проектировании нисходящего канала принято использовать минимальный угол возвышения, который, в зависимости от частоты сигнала, может составлять 5-20°. Для восходящего канала Федеральная комиссия по средствам связи США предписывает использовать угол возвышения не менее 5°.

Угол охвата β — это мера части земной поверхности, которая видна со спутника с учетом минимального угла возвышения. Угол β задает окружность на поверхности Земли, центр которой находится в точке, расположенной непосредственно под спутником. Справедливо следующее соотношение:

$$\frac{R}{R+h} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)} = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta - \theta\right)}{\sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)} = \frac{\cos(\beta + \theta)}{\cos(\theta)}.$$

Здесь

R — радиус Земли, который равен 6370 км;

h — высота орбиты (т.е. кратчайшее расстояние от спутника до Земли);

β — угол охвата;

θ — минимальный угол возвышения.

Расстояние от спутника до ближайшей к нему точки зоны обслуживания рассчитывается по следующей формуле:

$$\frac{d}{R+h} = \frac{\sin(\beta)}{\sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)} = \frac{\sin(\beta)}{\cos(\theta)},$$
$$d = \frac{(R+h)\sin(\beta)}{\cos(\theta)} = \frac{R\sin(\beta)}{\sin(\alpha)}.$$

Следовательно, задержка кругового обращения сигнала принадлежит такому диапазону:

$$\frac{2h}{c} \leq t \leq \frac{2(R+h)\sin(\beta)}{c(\cos\theta)},$$

где c — скорость света, которая равна примерно $3 \cdot 10^8$ м/с.

Размер зоны обслуживания спутника обычно выражается через диаметр покрываемой области, равный $2\beta R$, где β выражается в радианах.

5.4. Геостационарные спутники

В настоящее время самыми распространенными среди спутников связи являются геостационарные (GEO). Любопытно, что первым, кто выдвинул идею использования таких спутников, был писатель-фантаст Артур Кларк, пославший в 1945 году статью на эту тему в журнал *Wireless World*. Идея заключалась в следующем: если спутник находится на круговой орбите на определённой высоте (35 863 км) над поверхностью Земли и движется в плоскости земного экватора, то угловая частота вращения такого спутника будет совпадать с угловой частотой вращения Земли и спутник все время будет находиться над одной и той же точкой на экваторе. Такая орбита изображена на рис. 5.2. На геостационарной орбите находится довольно много спутников, некоторые из них расположены вплотную друг к другу.

Рассчитаем высоту над поверхностью Земли для геостационарного спутника.

Когда вся сила тяготения играет роль центростремительной силы, то вес тела равен нулю. Тогда:

$$\frac{mv^2}{r} = G \frac{mM}{r^2},$$

$$v = \omega r,$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

Здесь v - линейная, ω - угловая скорости,

$$r=R+h.$$

Откуда:

$$h = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} - R.$$

Входящие сюда величины равны:

$R=6,37 \cdot 10^6$ м — радиус Земли,

$M=5,98 \cdot 10^{24}$ кг — масса Земли,

$G=6,67 \cdot 10^{-11}$ м³/(кг·с²) — гравитационная постоянная,

$T=86400$ с — период обращения.

Геостационарные орбиты имеют ряд преимуществ, которые выгодно отличают их от орбит других типов.

- Так как спутник не движется относительно Земли, то не возникает проблем с изменением частоты сигнала из-за относительного движения спутника и наземных антенн (обусловленного эффектом Доплера).
- Упрощается процедура отслеживания спутника с наземных станций.
- Спутник, находящийся на высоте 35 863 км над Землей, может связаться примерно с четвертой частью земной поверхности. Для того чтобы покрыть все населенные зоны Земли, исключая участки близ северного и южного полюсов, понадобится вывести на геостационарную орбиту всего три спутника, расположив их на расстоянии 120° друг от друга.

С другой стороны, есть и недостатки.

- После прохождения расстояния свыше 35 000 км сигнал может стать довольно слабым.
- Полярные области и приполярные участки северного и южного полушарий практически недоступны для геостационарных спутников.

Несмотря на то, что скорость света равна 300 000 км/с, задержка прохождения сигнала из точки на экваторе, расположенной под спутником, на спутник и обратно довольно существенна.

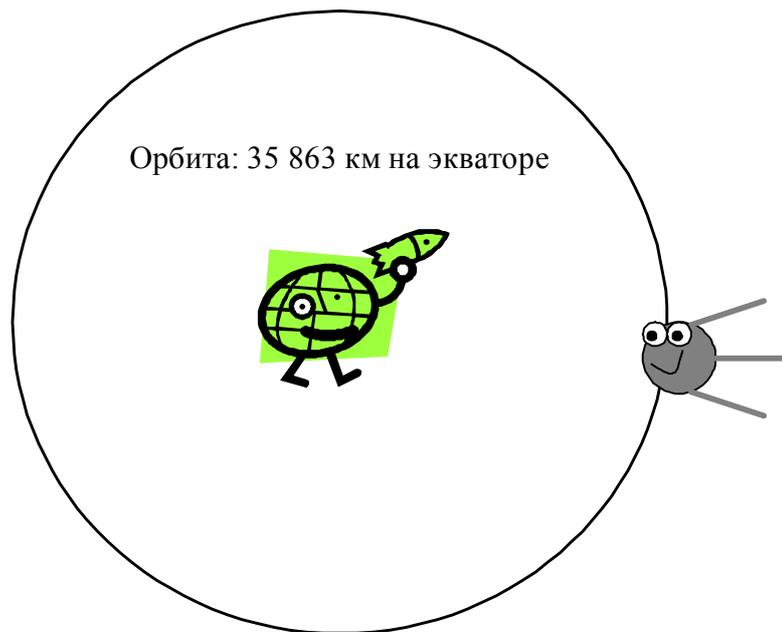
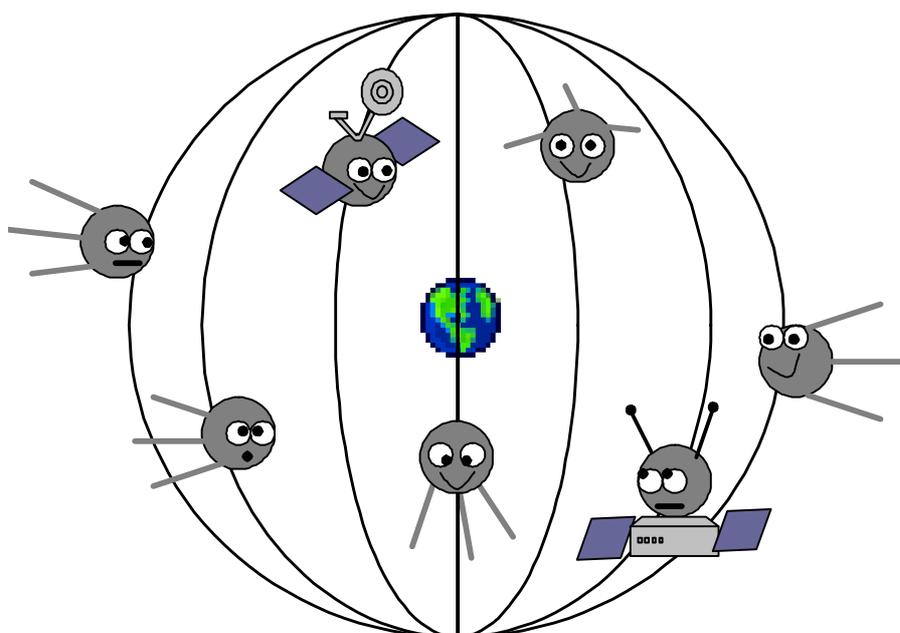
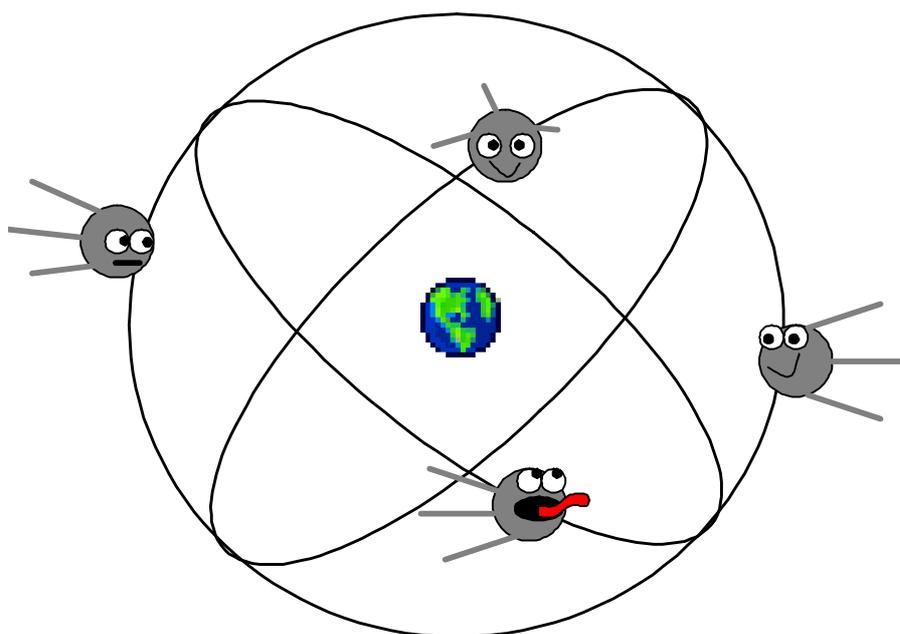


Рис. 5.2. Геостационарная орбита (GEO)

Задержка связи между двумя наземными абонентами, расположенными непосредственно под спутником, составляет $(2 \cdot 35\,863) / 300\,000 = 0,24$ с. Для других абонентов, не находящихся непосредственно под спутником, задержка связи еще больше. Если использовать спутниковую связь для телефонных переговоров, то суммарный интервал между завершением фразы одного абонента и ответом другого удваивается и получается равным примерно половине секунды. Такую задержку трудно не заметить. Еще одним свойством геостационарных спутников является то, что выделенные для них частоты используются над очень большим участком поверхности Земли. Для многоточечных приложений, таких, как передача телевизионных программ, это даже к лучшему, однако для двухточечной связи спектр частот геостационарного спутника будет использоваться очень неэкономно. Можно использовать специальные антенны с направленным или управляемым лучом, которые позволяют ограничить область, покрываемую сигналом спутника, и таким образом контролировать размеры области, в пределах которой принимается сигнал спутника. Для решения некоторых из перечисленных проблем были разработаны другие типы орбит. Для персональных устройств связи третьего поколения важную роль играют спутники на низких околоземных орбитах (LEOS) и спутники на средних околоземных орбитах (MEOS).



а) Околосредняя орбита: часто – полярная орбита на высоте 500 – 1 500 км.



б) Средняя околосредняя орбита: наклонена к экватору, высота 5 000 – 12 000 км.

Рис. 5.3. Орбиты низких и средних околосредних спутников

Спутники LEO

Спутники LEO (рис. 5.3, а) имеют следующие характеристики.

Круговые или эллиптические орбиты на высоте до 2000 км. Все предлагаемые и реальные системы располагаются на высоте от 500 до 1500 км.

- Период орбиты равен 1,5-2 ч.
- Диаметр зоны обслуживания равен примерно 8000 км.
- Задержка кругового распространения сигнала составляет не более 20 мс.
- Максимальное время, в течение которого спутник виден с фиксированной точки на поверхности Земли (в пределах радиогоризонта), достигает 20 мин.
- Ввиду высокой скорости относительного движения спутника и стационарного расположения наземной станции оборудование системы связи должно быть способно учитывать большие доплеровские сдвиги, которым подвергается частота сигнала.
- Для спутников LEO велико сопротивление атмосферы, поэтому орбита спутника постепенно деформируется.

Чтобы ввести в действие такую систему связи, нужно довольно много орбитальных плоскостей; кроме того, на каждой орбите должны находиться по несколько спутников. Тогда при сообщении двух наземных станций сигнал, как правило, будет передаваться с одного спутника на другой.

Спутники LEO имеют ряд преимуществ по сравнению с геостационарными спутниками. Кроме уже упомянутого сокращения задержки распространения сигнала, принимаемый сигнал, отправленный со спутника LEO, гораздо сильнее сигнала со спутника GEO при той же энергии передачи. Зону обслуживания спутника LEO можно локализовать с гораздо большей степенью точности, так что можно эффективнее распорядиться спектром частот, выделенным для спутника LEO. Именно поэтому данная технология сейчас предложена для связи с мобильными и персональными терминалами, для функционирования которых нужны более сильные сигналы. С другой стороны, чтобы 24 часа обеспечивать широкую зону обслуживания, нужно много спутников LEO.

Было выдвинуто несколько коммерческих предложений по использованию кластеров спутников LEO для предоставления услуг связи. Эти предложения можно разделить на две категории.

- Малые кластеры LEO. Такие кластеры, предназначенные для работы при частоте связи ниже 1 ГГц, используют полосу частот шириной не более 5 МГц и обеспечивают скорость передачи данных до 10 Кбит/с. Эти системы предназначены для поиска, слежения и низкоскоростного обмена сообщениями. Примером такой спутниковой системы является система Orbcomm, которая стала первой из малых действующих систем LEO: ее первые два спутника были запущены в апреле 1995 года. Система Orbcomm разрабатывалась для поиска и

пакетной передачи данных и предназначалась для работы с небольшими пакетами данных длиной 6-250 байт. Она используется для отслеживания передвижения прицепов, железнодорожных составов, тяжелого оборудования и других удаленных и мобильных активов. Такую систему можно также использовать для наблюдения за удаленными приборами, резервуарами-хранилищами нефти и газа, скважинами и трубопроводами или для поддержки связи с рабочими, в какой бы точке земного шара они не находились. Для передачи данных на спутники этой системы используются частоты от 148,00 до 150,05 МГц, а для передачи сигналов со спутников — частоты от 137,00 до 138,00 МГц. В распоряжении системы Orbcomm находятся более 30 спутников на низких околоземных орбитах. Она поддерживает абонентскую скорость передачи данных на спутник, равную 2,4 Кбит/с, и со спутника — 4,8 Кбит/с.

- Большие кластеры LEO. Такие системы работают на частотах более 1 ГГц и поддерживают скорость передачи данных до нескольких мегабайтов в секунду. Эти системы стремятся предоставлять те же услуги, что и малые кластеры LEO, а также дополнительные услуги по передаче голоса и по определению местоположения. Примером большой системы LEO является система Globalstar. Ее спутники довольно примитивны. В отличие от некоторых малых систем LEO, на спутниках этой системы не установлено оборудования для обработки данных или связи между спутниками. Обработка данных большей частью проводится наземными станциями системы. В системе используется технология CDMA, подобная стандарту CDMA сотовой связи. Нисходящая связь с мобильными пользователями осуществляется в диапазоне 5-полосы (около 2 ГГц). Система Globalstar тесно интегрирована с традиционными звуковыми службами-носителями. Все звонки должны обрабатываться на наземных станциях. Группа спутников системы Globalstar состоит из 48 действующих спутников и 8 запасных. Эти спутники находятся на орбитах на высоте 1413 км.

Спутники МЕО

Спутники МЕО (рис. 5.3 б) имеют следующие характеристики.

- Круговая орбита, расположенная на высоте 5000-12 000 км.
- Период орбиты около 6 ч.
- Диаметр зоны обслуживания колеблется от 10 000 до 15 000 км.
- Задержка кругового распространения сигнала составляет менее 50 мс.
- Максимальное время, в течение которого спутник виден из фиксированной точки на земной поверхности (находящейся в пределах радиогоризонта), составляет несколько часов.

В системах МЕО не требуется так много переключений между спутниками, как в системах ЛЕО. Значения таких параметров спутника МЕО, как задержка распространения сигнала со спутника МЕО на Землю и его требуемая мощность, выше, чем у спутников ЛЕО, однако существенно меньше, чем у геостационарных спутников. Для программы ICO, разработанной в январе 1995 года, была предложена система МЕО. Запуски спутников МЕО начались в 2000 году. На орбиты высотой 10 400 км планировалось поместить двенадцать спутников (из них два запасных). Спутники должны быть равномерно распределены между двумя плоскостями и иметь угол наклона к экватору в 45° . Системы МЕО предлагается использовать для предоставления таких услуг, как цифровая передача речи, данных, факсимильных сообщений, широкоэмитательных уведомлений, и для обмена сообщениями.

5.5. Полосы частот

В табл. 5.1 перечислены полосы частот, доступные для спутниковой связи [1]. Обратите внимание, что чем выше частота полосы, тем больше ее доступная ширина. Впрочем, полосы более высокой частоты сильнее подвержены искажениям передачи. Службам мобильной спутниковой связи (MSS) выделены частоты в полосах S и L. Если сравнить эти полосы с полосами более высоких частот, то здесь наблюдается большее преломление луча и его проникновение через физические преграды, такие, как листва и неметаллические структуры. Эти характеристики являются крайне важными для услуг мобильной связи. Кроме того, полосы L и S широко используются для других наземных приложений, поэтому в настоящее время существует конкуренция между поставщиками услуг в СВЧ-диапазоне за возможность использования полос L и S.

При предоставлении службе полосы частот диапазоны для восходящего и нисходящего каналов определяются отдельно, причем частота восходящего канала всегда выше. Как известно, для сигнала с более высокой частотой рассеяние или потери в свободном пространстве больше, чем для его низкочастотного дополнения. Впрочем, наземные станции располагают достаточной мощностью, позволяющей компенсировать низкую производительность на высоких частотах.

Таблица 5.1. Полосы частот для спутниковой связи

Полоса	Диапазон частот, ГГц	Суммарная ширина полосы, ГГц	Распространенные приложения
L	1-2	1	Мобильная спутниковая связь (MSS)
S	2-4	2	Службы MSS, NASA, исследование дальнего космоса
C	4-8	4	Спутники стационарной службы связи (FSS)
X	8-12,5	4,5	Военные службы FSS, исследования Земли и метеорологические спутники
Ku	12,5-18	5,5	Службы FSS, радиовещательные спутниковые службы (BSS)
K	18-26,5	8,5	Службы FSS и BSS
Ka	26,5-40	13,5	Службы FSS

5.6. Ухудшение качества связи

Производительность спутникового канала связи зависит от трех факторов [1]:

- расстояния между антенной наземной станции и антенной спутника;
- в нисходящем канале — от расстояния между антенной наземной станции и "точкой прицела" спутника;
- атмосферного поглощения (рис. 5.4.).

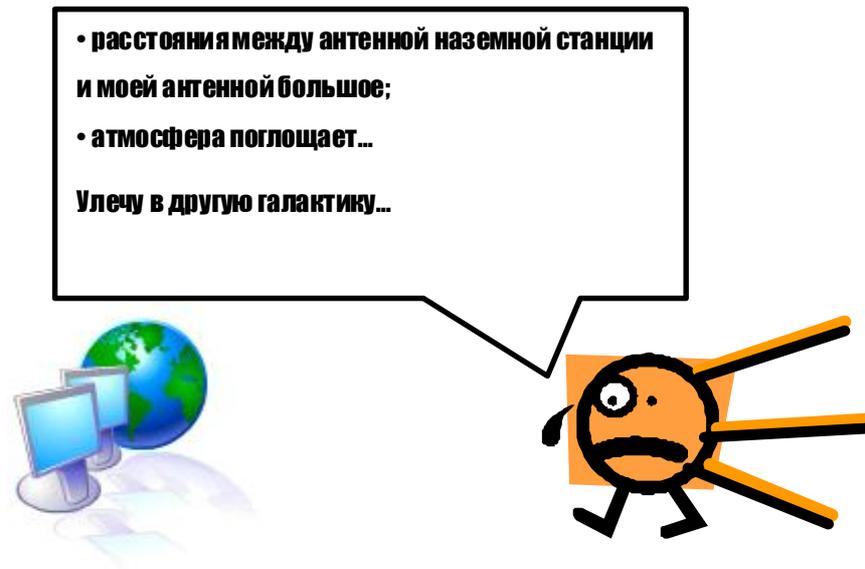


Рис. 5.4. Ухудшение качества связи

Рассмотрим данные факторы подробнее.

Расстояние

Формула потерь в свободном пространстве:

$$L_{\text{дБ}} = 10 \lg (P_t/P_r) = 20 \lg (4\pi d/\lambda) = -20 \lg(\lambda) + 20 \lg(d) + 21,98.$$

Здесь

P_t — мощность сигнала на передающей антенне;

P_r — мощность сигнала на принимающей антенне;

λ — длина волны несущей;

d — расстояние распространения между антеннами.

Величины d и λ измеряются в одних единицах (например, в метрах).

Чем выше частота сигнала (т.е. чем меньше его длина волны), тем большими будут потери. Для геостационарного спутника потери в свободном пространстве на экваторе составляют:

$$L_{\text{дБ}} = -20 \lg(\lambda) + 20 \lg (35,863 \cdot 10^6) + 21,98 \text{ дБ} = -20 \lg(\lambda) + 173,07.$$

Потери для точек земной поверхности, удаленных от экватора, но все еще видимых со спутника, будут несколько больше. Максимальное расстояние (от спутника до горизонта) для геостационарного спутника равно 42 711 км. Потери в свободном пространстве при прохождении сигналом такого расстояния равны:

$$L_{\text{дБ}} = -20 \lg(\lambda) + 174,59.$$

См. рис. 5.5.

След спутника

Для работы на СВЧ, которые используются в спутниковой связи, применяются узконаправленные антенны. Таким образом, сигнал со спутника не распространяется во все стороны, а нацеливается на определенную точку Земли. Выбор точки прицела производится с учетом местоположения и размеров области, которая должна покрываться. На центральную точку этой области придется наиболее мощный сигнал, интенсивность сигнала будет спадать по мере удаления от центральной точки в любом направлении. Этот эффект обычно демонстрируется на примере модели, называемой следом спутника (satellite footprint), представленной на рис. 5.6. Показано, какая эффективная часть излученной энергии антенны попадает в каждую точку на территории США. Результат зависит от мощности сигнала, поступающего в принимающую антенну, а также от направленности передающей антенны. В рассматриваемом примере мощность сигнала, принимаемого в Арканзасе, составляет +36 дБВт, а в Массачусетсе — +32 дБВт. Чтобы получить реальную мощность сигнала, принимаемого в каждой точке покрываемой области, из эффективной мощности, указанной на рисунке, следует вычесть потери в свободном пространстве.

Атмосферное поглощение

Главной причиной затухания сигнала в атмосфере является наличие кислорода, от которого, конечно же, никуда не деться, а также влаги. Поглощение, обусловленное наличием воды, происходит в туман и в дождь. Еще одним фактором, влияющим на затухание сигнала, является значение угла возвышения спутника, который зависит от положения наземной станции (угол θ на рис. 5.1). Чем меньше угол возвышения, тем больший путь в атмосфере придется пройти сигналу. Наконец, величина атмосферного затухания зависит от частоты сигнала. В общем случае чем выше частота сигнала, тем сильнее он затухает. На рис. 5.7 показана характерная величина затухания как функция угла возвышения для частот полосы С. Конечно затухание, обусловленное туманом и дождем, возникает только в случае присутствия этих явлений в атмосфере.

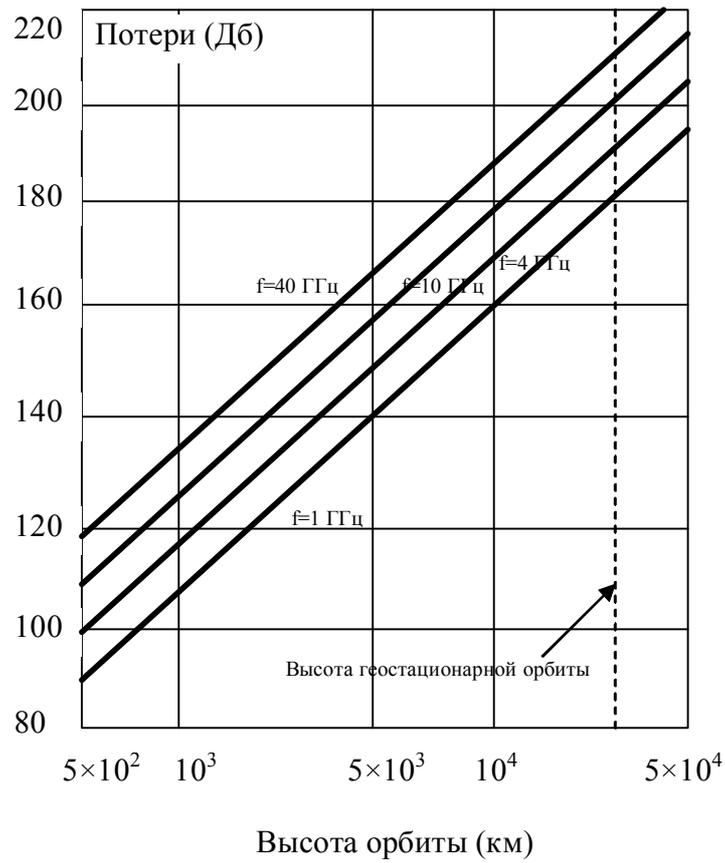


Рис. 5.5. Минимальные потери в свободном пространстве как функция высоты орбиты

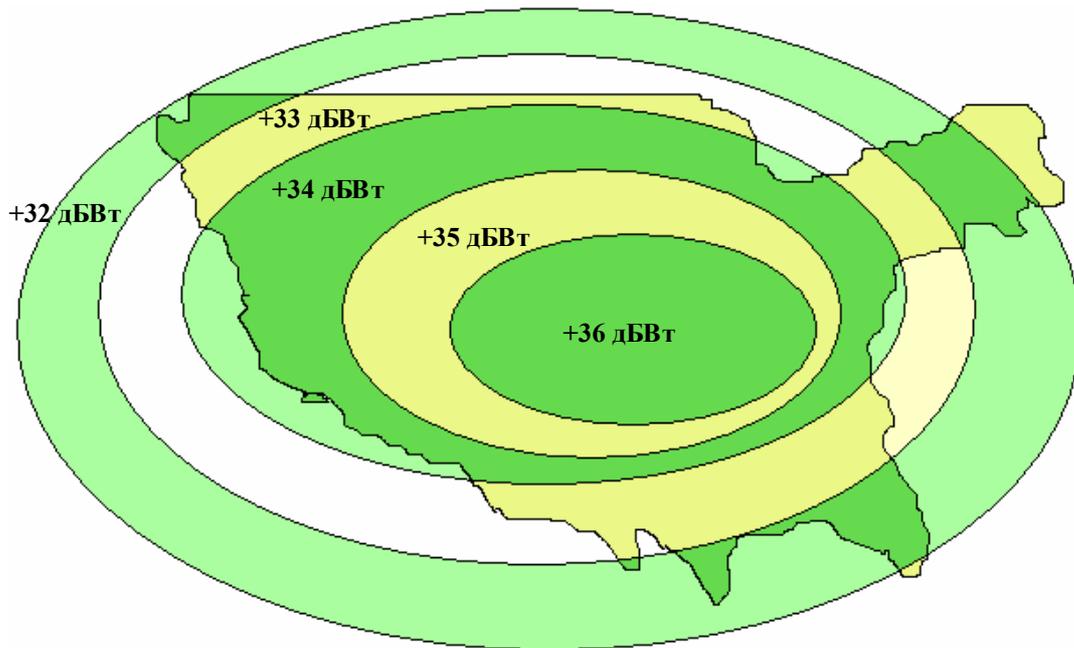


Рис. 5.6. Типичный след спутника

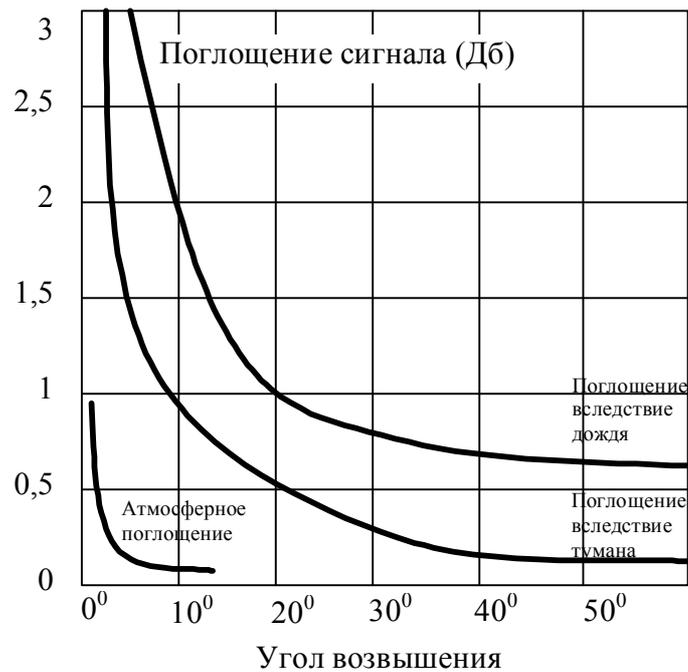
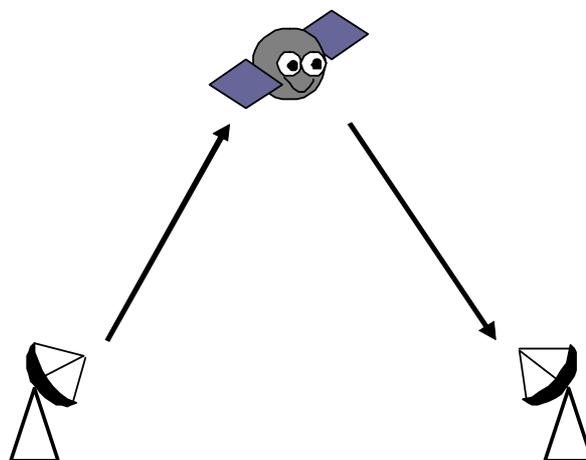


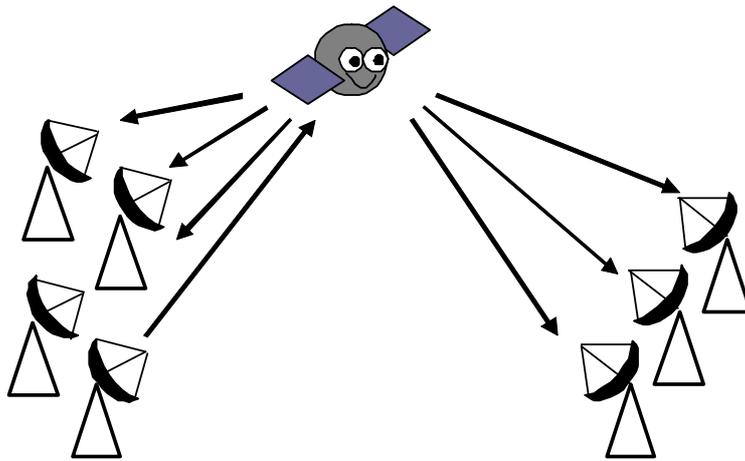
Рис. 5.7. Затухание сигнала (полосы С), обусловленное атмосферным поглощением

5.7. Конфигурации спутниковой сети

На рис. 5.8 схематично изображены две наиболее распространенные конфигурации спутниковых систем связи [1]. В первой конфигурации спутник используется для обеспечения двухточечной связи между двумя удаленными наземными антеннами. Во второй конфигурации спутник обеспечивает сообщение между одним наземным передатчиком и несколькими наземными приемниками.



а) Двухточечный канал связи



б) Широковещательный канал связи

Рис. 5.8. Конфигурации систем спутниковой связи

Существует также разновидность второй конфигурации, в которой осуществляется двухсторонняя связь между комплексом наземных станций, состоящим из одного центрального концентратора и множества удаленных абонентских Станций. Такой тип конфигурации, показанный на рис. 5.9, используется в системах VSAT (Very Small Aperture Terminal — терминал со сверхмалой апертурой луча). Недорогими антеннами VSAT оснащены многие абонентские станции. Установив определенный порядок, эти станции совместно используют пропускную способность спутника для передачи данных станции-концентратору. Концентратор может обмениваться сообщениями с любым абонентом и ретранслировать сообщения, идущие от одного абонента другому.

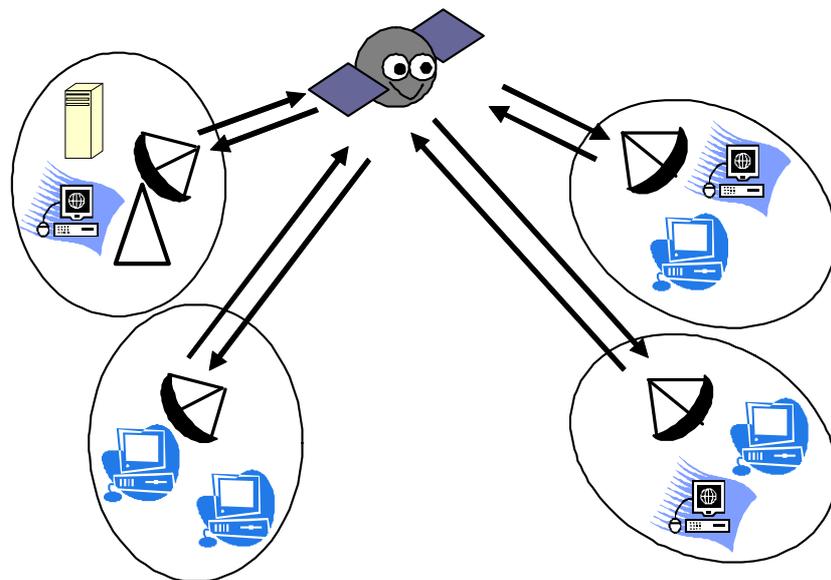


Рис. 5.9. Конфигурация типичной системы VSAT

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Беспроводная связь является весьма перспективной и быстро развивающейся областью науки и техники, обзор которой представлен в данном пособии. В нём дано краткое обоснование технических решений, описывается организация беспроводных сетей и линий связи, а также рассмотрены другие родственные области.

Пособие может быть полезно студентам, изучающим соответствующие курсы в высших учебных заведениях, а также людям, желающим самостоятельно ознакомиться с основными концепциями организации и применения беспроводных сетей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Роль информатизации в развитии общества.
2. Информатика – предмет и задачи.
3. Как соотносятся информационная технология и информационная система.
4. Этапы развития информационных технологий.
5. Количественные меры информации.
6. Сигналы, используемые для передачи информации.
7. Пропускная способность канала.
8. Протоколы и набор TCP/IP.
9. Модель OSI.
10. Три способа классификации спутников связи.
11. Какие существуют ключевые различия между спутниковыми и наземными беспроводными системами связи.
12. Три способа классификации орбит спутников.
13. Опишите спутники GEO, LEO и MEO. Сравните такие параметры этих спутников, как размер и форма орбит, мощность сигнала, возможность многократного использования частоты, задержка распространения сигнала, количество спутников, необходимое для покрытия земного шара.
14. Перечислите три ключевых фактора, от которых зависит производительность спутниковой связи.
15. Каковы основные причины затухания спутниковых сигналов в атмосфере.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети. : Пер. с англ.- М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. - 640 с.
- [2] Прокис Дж. Цифровая связь. : Пер. с англ.- М.: Радио и связь, 2000. - 800 с.
- [3] Информатика : учебник для вузов / под ред. Н. В. Макаровой .— 3-е изд., перераб. — М. : Финансы и статистика, 2001 .— 768 с.
- [4] Олифер Н. А., Олифер В. Г. Введение в IP-сети [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.citforum.ru/nets/ip/contents.shtml>, свободный.
- [5] Олифер Н. А., Олифер В. Г. Базовые технологии локальных сетей [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.citforum.ru/nets/protocols2/index.shtml>, свободный.
- [6] Карпов Д.И. Статическая IP-маршрутизация [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.citforum.ru/internet/tifamily/iproung.shtml>, свободный.
- [7] Комер Д. Межсетевой обмен с помощью TCP/IP [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.citforum.ru/internet/comer/contents.shtml>, свободный.
- [8] Столлингс В. Современные компьютерные сети. — 2-е изд. — Спб. : Питер., 2003. - 783 с.
- [9] Максимов Н.В., Попов И.И. Компьютерные сети: учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Форум, 2008. — 448 с.
- [10] Олифер Н. А., Олифер В. Г. Сетевые операционные системы. — Спб. : Питер., 2002. - 544 с.

Алексей Викторович **Клюев**

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Электронное учебно-методическое пособие

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».
603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.