

МОДЕЛИ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

© 2016 А. И. Даница, В. Н. Кострова

Воронежский институт высоких технологий
Воронежский государственный технический университет

Работа посвящена рассмотрению моделей каналов современных каналов связи. В зависимости от метода, с помощью которого представляется информация электрическими сигналами, происходит различение аналоговых и цифровых каналов передачи данных. Указаны достоинства цифрового метода обработки данных перед аналоговым.

Ключевые слова: модель, передача данных, обработка сигналов, частотное разделение.

Характеристиками линий передачи данных являются зависимости затухания сигнала от частоты и расстояния. Затухание принято оценивать в децибелах, $1 \text{ дБ} = 10 \cdot \lg(P1/P2)$, где $P1$ и $P2$ – мощности сигнала на входе и выходе линии соответственно.

При заданной длине можно говорить о полосе пропускания (полосе частот) линии. Полоса пропускания связана со скоростью передачи информации. Различают бодовую (модуляционную) и информационную скорости. Бодовая скорость измеряется в бодах, т. е. числом изменений дискретного сигнала в единицу времени, а информационная – числом битов информации, переданных в единицу времени. Именно бодовая скорость определяется полосой пропускания линии.

Если на бодовом интервале (между соседними изменениями сигнала) передается N бит, то число градаций модулируемого параметра несущей равно $2N$. Например, при числе градаций 16 и скорости 1200 бод одному боду соответствует 4 бит/с и информационная скорость составит 4800 бит/с.

Максимально возможная информационная скорость V связана с полосой пропускания F канала связи формулой Хартли-Шеннона (предполагается, что одно изменение величины сигнала приходится на $\log_2 k$ бит, где k – число возможных дискретных значений сигнала)

$$V = 2 \cdot F \cdot \log_2 k \text{ бит/с,}$$

так как $V = \log_2 k/t$, где t – длительность переходных процессов, приблизительно равная $3 \cdot T_B$, а $T_B = 1/(2 \cdot p \cdot F)$, Здесь $k = 1+A$, A – отношение сигнал/помеха.

Канал (канал связи) – средства, связанные с осуществлением односторонней передачи данных. В качестве примера канала можно рассматривать полосу частот, выделяемую для одного передатчика при радиосвязи. Для некоторых линий можно создать несколько каналов связи, для каждого из них идет передача своей информации. При этом говорится о том, что происходит разделение линии среди нескольких каналов. Существуют два способа для того, чтобы разделить линию передачи данных: проведение временного мультиплексирования (то есть процесс разделения по времени или TDM), при этом для каждого канала идет выделение некоторого кванта времени, и проведение частотного разделения (FDM – Frequency Division Method), при котором для канала выделяют определенную полосу частот.

Канал передачи данных – средства двустороннего обмена данными, включающие АКД и линию передачи данных.

По природе физической среды передачи данных (ПД) различают каналы передачи данных на оптических линиях связи, проводных (медных) линиях связи и беспроводные. В свою очередь, медные каналы могут быть представлены коаксиальными кабелями и витыми парами, а беспроводные – радио- и инфракрасными каналами.

В зависимости от метода, с помощью которого предоставляется информация электрическими сигналами, происходит различение аналоговых и цифровых каналов передачи данных. В аналоговых каналах для того, чтобы согласовать параметры среды и сигналов, используют амплитудную, частотную, фазовую и квадратурно-амплитудную модуляции. В цифровых каналах при передаче данных применяют самосинхронизирующиеся коды, а при процессах, связанных

Даница Андрей Иванович – Воронежский институт высоких технологий, студент, e-mail: danicaandr09@yandex.ru

Кострова Вера Николаевна – Воронежский государственный технический университет, д. т. н., профессор, e-mail: danicaandr09@yandex.ru

с передачей аналоговых сигналов – кодово-импульсную модуляцию.

Первые сети ПД были аналоговыми, поскольку использовали распространенные телефонные технологии. Но в дальнейшем устойчиво растет доля цифровых коммуникаций (это каналы типа E1/T1, ISDN, сети Frame Relay, выделенные цифровые линии и др.).

В зависимости от направления передачи различают каналы симплексные (односторонняя передача), дуплексные (возможность одновременной передачи в обоих направлениях) и полудуплексные (возможность попеременной передачи в двух направлениях).

В зависимости от числа каналов связи в аппаратуре ПД различают одно- и многоканальные средства ПД. В локальных вычислительных сетях и в цифровых каналах передачи данных обычно применяют временное мультиплексирование, для аналоговых каналов – частотное разделение.

Если канал ПД монополюсно используется одной организацией, то такой канал называют выделенным, в противном случае канал является разделяемым или виртуальным (общего пользования).

К передаче информации имеют прямое отношение телефонные сети, вычислительные сети передачи данных, спутниковые системы связи, системы сотовой радиосвязи.

В вычислительных сетях проводные линии связи представлены коаксиальными кабелями и витыми парами проводов.

Используются коаксиальные кабели: «толстый» диаметром 12,5 мм и «тонкий» диаметром 6,25 мм. «Толстый» кабель имеет меньшее затухание, лучшую помехозащищенность, что обеспечивает возможность работы на больших расстояниях, но он плохо гнется, что затрудняет прокладку соединений в помещениях, и дороже «тонкого». Иногда его называют «стандартный Ethernet», поскольку он был первым типом кабеля, применяемым в Ethernet – популярной сетевой архитектуре.

Существуют экранированные (STP – Shielded Twist Pair) и неэкранированные (UTP – Unshielded Twist Pair) витые пары проводов.

Витые пары иногда называют сбалансированной линией в том смысле, что в двух проводах линии передаются одни и те же уровни сигнала (по отношению к земле), но разной полярности. При приеме воспринимается разность сигналов, называемая пара-

фазным сигналом. Синфазные помехи при этом самокомпенсируются.

Эффективное развитие систем в течение последних лет в областях, связанных с повышением пропускной способности каналов в большой мере касается развития технологий передачи цифровых данных. Здесь требуется решать вопросы, связанные с синхронизацией, эффективным кодированием и надежной передачей. Чем шире импульс, тем большая энергия, которая им переносится, тем лучше отношение сигнал/шум, но при этом будет и меньшее значение предельной скорости передачи. Ранее для каждого двоичного разряда было соответствие импульса или перепада в кодовой последовательности. Сегодня перепад появляется только когда осуществляется смена последовательности нулей на последовательность единиц или наоборот.

Цифровой метод имеет целый ряд преимуществ перед аналоговым:

- высокую надежность. Если шум ниже входного порога, его влияние не ощущается, возможна повторная посылка кода.

- отсутствие зависимости от источника информации (звук, изображение или цифровые данные).

- возможность шифрования, что повышает безопасность передачи.

- независимость от времени. Можно передавать не тогда, когда информация возникла, а когда готов канал.

В современных сетях важное значение имеет передача как данных, представляемых дискретными сигналами, так и аналоговой информации (например, голос и видеоизображения первоначально имеют аналоговую форму). Поэтому для многих применений современные сети должны быть сетями интегрального обслуживания. Наиболее перспективными сетями интегрального обслуживания являются сети с цифровыми каналами передачи данных, например, сети ISDN.

Применяют два варианта обычных сетей ISDN – базовый и специальный. В базовом варианте имеются два канала по 64 кбит/с (эти каналы называют В каналами) и один служебный канал с 16 кбит/с (D канал). В специальном варианте – 23 канала В по 64 кбит/с и один или два служебных канала D по 16 кбит/с. Каналы В могут использоваться как для передачи закодированной голосовой информации (коммутация каналов), так и для передачи пакетов. Служебные каналы используются для сигнализации – передачи

команд, в частности, для вызова соединения. Применяют специальные сигнальные системы, устанавливающие перечень и форматы команд.

В беспроводных каналах передача информации осуществляется на основе распространения радиоволн. Для организации канала ПД в диапазонах дециметровых волн (902...928 МГц и 2,4...2,5 ГГц) требуется регистрация в Госсвязьнадзоре. Работа в диапазоне 5,725...5,85 ГГц пока лицензирования не требует.

Чем выше рабочая частота, тем больше емкость (число каналов) системы связи, но тем меньше предельные расстояния, на которых возможна прямая передача между двумя пунктами без ретрансляторов. Первая из причин и порождает тенденцию к освоению новых более высокочастотных диапазонов.

Радиоканалы входят как необходимая составная часть в спутниковые, а также радиорелейные системы связи, которые применяются для территориальных сетей, в сотовых системах мобильной связи, их используют как альтернативу для кабельных систем в локальных сетях и при осуществлении объединения сетей в отдельных офисах и предприятиях в корпоративных сетях. Для многих случаев использование радиоканалов представляется как более дешевое решение по сравнению с другими способами.

Для территориальных сетей в региональных уровнях часто используются радиорелейные линии связи (в коммутации каналов, в диапазоне частот 15...23 ГГц, связь осуществляется для условий прямой видимости, что дает ограничение дальности среди соседних станций – до 50 км при том, что мы считаем, что антенны размещаются на строениях в виде башен). На основе последовательности станций, которые являются ретрансляторами, возникают возможности передачи информации на большие расстояния.

Радиосвязь используется в корпоративных и локальных сетях, если есть затруднение в прокладке других каналов связи. Радиоканалы или выполняют роль мостов среди подсетей (двухточечное соединение), или являются общей средой передачи данных для ЛВС.

Для первого случая (связь двух сетей) имеем двухточечное соединение с направленными антеннами, дальность в пределах прямой видимости (обычно до 15-20 км с расположением антенн на крышах зданий). Мост имеет два адаптера: один для форми-

рования сигналов для радиоканала, другой – для кабельной подсети.

В соответствии со стандартом IEEE 802.11 возможны два способа передачи двоичной информации в ЛВС, оба они имеют целью обеспечить защиту информации от нежелательного доступа.

Первый способ называется методом прямой последовательности (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum). В нем вводится избыточность – каждый бит данных представляется последовательностью из 11 элементов («чипов»). Эта последовательность создается по алгоритму, известному участникам связи, и потому может быть дешифрована при приеме. Избыточность повышает помехоустойчивость, что позволяет снизить требования к мощности передатчика, а для сохранения высокой скорости нужно расширять полосу пропускания. Так, в аппаратуре фирмы Aironet в диапазоне 2,4 ГГц имеются 4 канала шириной в 22 МГц.

Второй способ – способ частотных скачков (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum). Для этого метода полоса пропускания делится на 79 поддиапазонов. Передатчик через каждые 20 мс переключается на новый поддиапазон, причем, алгоритм изменения частот известен только участникам связи и может изменяться, что и затрудняет несанкционированный доступ к данным.

В варианте использования радиоканалов для связи центрального и периферийного узлов центральный пункт имеет ненаправленную антенну, а терминальные пункты при этом используют направленные антенны. Дальность связи составляет также десятки метров, а вне помещений – сотни метров. Пример многоточечной системы – ненаправленная антенна по горизонтали, угол 30 градусов по вертикали, 5,8 ГГц – к терминалам, 2,4 ГГц – к центральному узлу, до 62 терминалов, дальность – 80 м без прямой видимости. В системе RoomAbout связь на частоте 920 МГц гарантируется на расстоянии в 120 метров, предусмотрена защита от перехвата информации.

В условиях высоких уровней электромагнитных помех иногда используют инфракрасные каналы связи. В последнее время их стали применять не только в цехах, но и в офисах, где лучи можно направлять над перегородками помещения. Хотя скорость и удобство использования инфракрасных сетей очень привлекательны, возникают трудности при передаче сигналов на расстояние более 30 м. К тому же такие

сети подвержены помехам со стороны сильных источников света, которые есть в большинстве организаций.

Спутники в системах связи могут находиться на геостационарных (высота 36 тысяч км) или низких орбитах. При геостационарных орбитах заметны задержки на прохождение сигналов (туда и обратно около 520 мс). Возможно покрытие поверхности всего земного шара с помощью четырех спутников. В низкоорбитальных системах обслуживание конкретного пользователя происходит попеременно разными спутниками. Чем ниже орбита, тем меньше площадь покрытия и, следовательно, нужно или больше наземных станций, или требуется межспутниковая связь, что естественно утяжеляет спутник. Число спутников также значительно больше (обычно несколько десятков)

Структура спутниковых каналов передачи данных может быть проиллюстрирована на примере широкоизвестной системы VSAT (Very Small Aperture Terminal). Наземная часть системы представлена совокупностью комплексов, в состав каждого из них входят центральная станция (ЦС) и абонентские пункты (АП). Связь ЦС со спутником происходит по радиоканалу (пропускная способность 2 Мбит/с) через направленную антенну диаметром 1...3 м и приемопередающую аппаратуру. АП подключаются к ЦС по схеме «звезда» с помощью многоканальной аппаратуры (обычно это аппаратура T1 или E1, хотя возможна и связь через телефонные линии) или по радиоканалу через спутник. Те АП, которые соединяются по радиоканалу (это подвижные или труднодоступные объекты), имеют свои антенны, и для каждого АП выделяется своя частота. ЦС передает свои сообщения широкоэмитально на одной фиксированной частоте, а принимает на частотах АП. Арендная плата за соединение «точка-точка» через VSAT со скоростью 64 кбит/с составляет около 3900 долларов в месяц, что для больших расстояний дешевле, чем аренда выделенной наземной линии.

Примерами российских систем спутниковой связи с геостационарными орбитами могут служить системы Инмарсат и Runnet. Так, в Runnet применяются геостационарные спутники «Радуга». Один из них, с точкой стояния 85 градусов в.д., охватывает почти всю территорию России. В качестве приемопередающей аппаратуры (ППА) используются станции «Кедр-М» или «Калинка», работающие в сантиметровом диапазоне

волн (6,18...6,22 ГГц и 3,855...3,895 ГГц соответственно). Диаметр антенн 4,8 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зюко А. Г. Теория электрической связи: учебник для вузов / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, В. И. Коржик, М. В. Назаров / под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1998. – 432 с.
2. Глотова Т. В. Решение задачи рассеяния электромагнитных волн внутри помещения на основе интегрально-параболического подхода / Т. В. Глотова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 4.
3. Глотова Т. В. Применение методов оптимизации для проектирования поглотителей электромагнитных волн / Т. В. Глотова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 8.
4. Липинский А. В. Оптимизация технологии передачи голоса в сетях LTE – VOLTE при хорошем качестве и низком уровне энергопотребления мобильными устройствами / А. В. Липинский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 9.
5. Щербатых С. С. Метод интегральных уравнений как основной способ анализа В САПР антенн / С. С. Щербатых // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1. С. 10.
6. Максимова А. А. Характеристики двумерно-периодичных гребенок с диэлектрическим волноводом / А. А. Максимова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 12.
7. Казаков Е. Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети Wi-Fi / Е. Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 13.
8. Львович И. Я. Расчет характеристик металлодиэлектрических антенн / И. Я. Львович, А. П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 11. С. 26-29.
9. Преображенский А. П. Оценка возможностей комбинированной методики для расчета ЭПР двумерных идеально проводящих полостей / А. П. Преображенский // Телекоммуникации. – 2003. – № 11. – С. 37-40.
10. Преображенский А. П. Алгоритм расчета радиолокационных характеристик полостей с использованием приближенной модели / А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // Сис-

темы управления и информационные технологии. – 2005. – Т. 21. – № 4. – С. 17-19.

11. Преображенский А. П. Прогнозирование радиолокационных характеристик идеально проводящей полости в диапазоне длин волн / А. П. Преображенский // Телекоммуникации. – 2005. – № 12. – С. 29-31.

12. Львович И. Я. Построение алгоритма оценки средних характеристик рассеяния полых структур / И. Я. Львович, Я. Е. Льво-

вич, А. П. Преображенский // Телекоммуникации. – 2014. – № 6. – С. 2-5.

13. Тихонов В. И. Оптимальный приём сигналов. / В. И. Тихонов // М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.

14. Борисов В. А. Радиотехнические системы передачи информации: Учеб. пособие для вузов / В. А. Борисов, В. В. Калмыков, Я. М. Ковальчук / Под ред. В. В. Калмыкова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.

THE MODELS OF DATA TRANSMISSION

© 2016 A. I. Danica, V. N. Kostrova

*Voronezh institute of high technologies
Voronezh state technical university*

The paper deals with the models of the channels of modern communication channels. Depending on the method by which information is represented by electric signals is a distinction between analog and digital data channels. The advantages of the method of digital processing over analog are specified.

Keywords: model, data transmission, signal processing, frequency splitting.