

УДК 681.3

Э.С. Зацепин
**ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛЕЙ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ
ДАнных**

Воронежский институт высоких технологий

В данной работе приведены основные характеристики каналов связи. Показана связь между максимально возможной информационной скоростью и полосой пропускания в канале связи. Продемонстрировано преимущество использования цифрового метода обработки данных по сравнению с аналоговым. Рассмотрены способы обработки данных методом прямой последовательности и методы частотных скачков. Обосновано, почему в территориальной сети на региональных уровнях часто применяют радиорелейные линии связи. Показаны преимущества двухточечных соединений.

Ключевые слова: канал связи, модель, протокол, характеристика, эффективность, данные.

Введение. На современном этапе развития нашего общества в условиях развития научно-технического прогресса идет непрерывное возрастание объемов информации. Как показывают теоретические и экспериментальные (статистические) исследования, продукция отрасли связи, выражающаяся в объеме передаваемой информации, возрастает пропорционально квадрату прироста валового продукта народного хозяйства. Непременным и одним из наиболее сложных и дорогостоящих элементов связи являются линии связи, по которым передаются информационные электромагнитные сигналы от одного абонента (станции, передатчика, регенератора и т.д.) к другому (станции, регенератору, приемнику и т. д.) и обратно. Линии связи появились одновременно с появлением электрического телеграфа. Первые линии связи были кабельными. Но вследствие несовершенства конструкции кабелей подземные кабельные линии связи вскоре уступили место воздушным. В современных линиях передачи данных характеристиками являются зависимости того, каким образом затухает сигнал от частоты и расстояния. Величина затухания обычно считается, что оценивается в децибеллах, $1 \text{ дБ} = 10 \cdot \lg(P_1/P_2)$, где P_1 и P_2 - мощности сигналов на входах и выходах линии соответственно.

Целью работы является проведение анализа основных характеристик моделей каналов переданных данных.

Принципы передачи информации в канале связи. Когда у нас задана длина, то есть возможности говорить о полосе пропускания (полосе частот) исследуемых линий. Существует связь полосы пропускания и тем, какова скорость передачи информации [1-3]. Выделяют бодовую (модуляционная) и информационную типы скоростей. В бодовой скорости измерение происходит в бодах, при этом анализируют число изменений дискретных сигналов в единицу времени, а для информационной рассматривают число битов информации, которые передаются в единицу

времени. Как раз, бодовая скорость определяется тем, какова полоса пропускания линии.

В том случае, когда для бодового интервала (средними изменениями сигнала) идет передача N бит, то количество градаций в модулируемом параметре несущей равняется $2N$. Например, при равенстве градаций 16 и значении скорости 1200 бод, при этом для одного бода будет соответствовать 4 бит/с и значение информационной скорости будет 4800 бит/с.

Существует связь между максимально возможной информационной скоростью V и тем, каковой будет полоса пропускания F в канале связи на основе формулы Хартли-Шеннона (считается, что для одного изменения значения сигнала будет относиться $\log_2 k$ бит, где k – является числом тех дискретных значений сигнала, которые возможны)

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

поскольку $V = \log_2 k / t$, где t – является длительностью переходных процессов, которая приблизительно будет равна $3 * T_B$, а $T_B = 1 / (2 * p * F)$, в указанных соотношениях $k = 1 + A$, A – представляет собой отношение сигнал/шум.

Канал связи рассматривается в качестве средства, на основе которого производится односторонняя передача данных. Как примера канала можно привести полосу частот, которая выделяется для одного передатчика в системах радиосвязи [4-6]. Для некоторых линий есть возможности создания несколько каналов связи, для каждого из которых происходит передача своей информации. При этом говорится о том, что линия делится по нескольким каналам. Есть два подхода по разделению линии передачи данных: говорят о временном мультиплексировании (тогда идет разделение по временному интервалу или TDM), при этом для каждого из каналов происходит выделение некоторого кванта времени, а также встречаются с частотным разделением (FDM - Frequency Division Method), в таких случаях для каждого из каналов происходит выделение некоторой полосы частот.

Под каналом передачи данных понимается совокупность средств, направленных на двусторонний обмен данными, они включают АКД и линии передачи данных.

С точки зрения природы в физической среде передачи данных (ПД) могут быть выделены каналы передач данных, связанные с оптическими линиями связи, проводными (медными) линиями связи и беспроводными. Кроме того, медные каналы могут быть представлены как коаксиальные кабели и витые пары, а беспроводные - радио- и инфракрасными каналами.

Зависимость характеристик передачи от способа представления информации. В зависимости от того, какой способ представления информации на основе электрически сигналов, определяют представление

аналоговых и цифровых каналов в передачах данных [7-9]. Для аналоговых каналов для того, чтобы обеспечить согласование параметров среды и сигналов используют разные модуляции: амплитудная, частотная, фазовая и квадратурно-амплитудная. Для цифровых каналов для того, чтобы передавать данные применяют самосинхронизирующиеся коды, с тем, чтобы передавать аналоговые сигналы – привлекается кодово-импульсная модуляция.

Для первых сетей ПД характерным было то, что они были аналоговые, так как использовались весьма широко распространенные телефонные технологии. Однако, потом устойчивым образом происходит рост части цифровых коммуникаций (говорят о каналах вида E1/T1, ISDN, сетях Frame Relay, выделенных цифровых линиях и др.)

В зависимости от того, какое направление передачи выделяют каналы симплексные (с односторонней передачей), дуплексные (с возможностями одновременной передачи по обоим направлениям) и полудуплексные (с возможностями попеременной передачи по двум направлениям).

В зависимости от того, каково число каналов связи в аппаратурных компонентах ПД могут быть выделены одно- и многоканальные средства ПД. Для локальных вычислительных сетей и цифровых каналов, предназначенных для того, чтобы передавать данные обычно применяют временное мультиплексирование, для аналоговых каналов распространено использование частотного разделения.

Если каналы ПД монопольным образом используют в одной компании, то его называют выделенным, в других случаях каналы будут разделяемыми или виртуальными (говорят об общем пользовании).

С передачей информации связаны непосредственным образом телефонные сети, системы сотовой радиосвязи, комплексы вычислительных сетей передачи данных, спутниковые системы связи.

Типы линий связи. Для вычислительных сетей проводные линии связи будут представлены как коаксиальные кабели и витые пары проводов [10-15].

Используются коаксиальные кабели, имеющие различную толщину: "толстый" имеет диаметр 12,5 мм и "тонкий", имеющий диаметр 6,25 мм. В первом кабеле характерно то, что в нем будет меньше затуханием, лучшая помехозащищенность, что определяет к возможности работы по большим расстояниям, но при этом он плохо гнется, что ведет к затруднению прокладки соединений в помещениях, и он более дорогостоящий, чем "тонкий". В ряде случаев его могут называть «стандартный Ethernet», так как он являлся первым видом кабеля, который использовался в Ethernet – активно применяемой сетевой архитектуре.

В ряде случаев используют экранированные (STP - Shielded Twist Pair) и неэкранированные (UTP - Unshielded Twist Pair) витые пары проводов.

Такие витые пары бывает, что обозначают как сбалансированную линию, исходя из того, что для в двух проводов линии идет передача одних и те же уровней сигнала (по отношению к земле), но при этом будет разная полярность. Когда идет прием, то воспринимаются разность сигналов, которую называют парафазным сигналом. Происходит самокомпенсация синфазных помех.

Заметный прогресс в течение последнего времени в сфере увеличения пропускной способности каналов в сильной мере касается с развитием технологий передачи цифровых данных. При этом требуется проводить решение проблем синхронизации, эффективное кодирование и надежную передачу. При увеличении ширины импульса, будет идти рост перенесенной энергии, при этом лучшим будет отношение сигнал/шум, однако, будет уменьшаться и предельная скорость передачи. Если до этого в каждом двоичном разряде было соответствие импульса или перепада в кодовой последовательности. То в новых условиях перепад появляется только когда идет смена последовательности нулей на последовательность единиц или наоборот. Для цифрового метода можно отметить целую совокупность преимуществ перед аналоговым:

- Высокая надежность. В том случае, когда шум ниже, чем входной порог, нет ощущения его влияния, не ощущается, можно делать повторную посылку кода.
- Нет зависимости от того, каков источник информации (звук, изображение или цифровые данные).
- Можно использовать способы шифрования, что увеличивает безопасность передачи.
- Существует независимость от времени. Можно проводить передачу не тогда, когда появилась информация, а когда появилась готовность канала.

Для современных сетей большое значение имеет то, как идет передача данных, которые представляются в виде дискретных сигналов, так и аналоговой информации (в качестве примера можно привести голос, видеоизображение, которые изначально имеют аналоговый вид). В этой связи для многих приложений современные сети необходимо рассматривать с точки зрения сетей интегрального обслуживания. Весьма перспективными подобными сетями можно считать являются сети, имеющие цифровые каналы передачи данных, например, это сети ISDN.

Использование различных видов сетей. Используют два способа обычных сетей ISDN - базовый и специальный. В первом случае имеют два канала по 64 кбит/с (такие каналы называются В каналами) и служебный

канал, называемый D (со скоростью 16 кбит/с). В случае специального варианта рассматривают 23 канала В по 64 кбит/с и один или два служебных канала D по 16 кбит/с. Каналы В могут применять как при передаче кодированных голосовых данных (коммутация каналов), так и при проведении передачи пакетов. Каналы служебные применяют для того, чтобы осуществлять сигнализацию - передавать команды, например, для вызова соединения. Используют специальные сигнальные системы, которые устанавливают состав и форматы команд.

Для беспроводных каналов передача информации происходит исходя из принципа распространения радиоволн. С целью формирования канала ПД для диапазонов дециметровых волн (902...928 МГц и 2,4...2,5 ГГц) необходимо осуществить регистрацию в Госсвязьнадзоре. Для работ в диапазонах 5,725...5,85 ГГц пока нет необходимости в лицензировании.

Чем больше значение рабочей частоты, тем будет большее значение емкости (числа каналов) для системы связи, но при этом будут меньшие и значения для предельных расстояний, для которых можно осуществить прямую передачу среди двумя точками без ретрансляторов. Первая из причин ведет к тому, что возникает тенденция к тому, чтобы осваивать новые более высокочастотные диапазоны.

Радиоканалы рассматривают в виде необходимой составной части для спутниковых и радиорелейных систем связи, которые применяются для территориальных сетей, для сотовых систем мобильной связи, они применяются как альтернатива для кабельных систем в локальных сетях и при процессах объединения сетей в отдельных офисах и компаниях в корпоративные сети. Для многих случаев использование радиоканалов получается более дешевым с точки зрения реализации, если сравнивать с другими возможностями.

Для территориальных сетей на региональных уровнях часто используют радиорелейные линии связи (проведение коммутации каналов, при диапазоне частот 15...23 ГГц, связь осуществляется для пределов прямой видимости, что ведет к ограничениям дальности между соседними станциями - до 50 км, если при этом антенны размещаются на строениях башенного вида). На основе последовательности станций, которые являются ретрансляторами, появляются возможности для передачи информации на весьма значительные расстояния.

Радиосвязь используют для корпоративных и локальных сетей. Это происходит если существуют затруднения в прокладке других видов каналов связи. В этих случаях радиоканал или рассматривается как мост среди подсетями (говорят о двухточечном соединении), или он будет общей средой для передачи данных в ЛВС.

Для первого случая (проведение связи двух сетей) требуется иметь дело на практике с двухточечными соединениями, имеющими

направленные антенны, дальность для пределов прямой видимости (обычно она составляет 15-20 км при расположении антенн на крышах зданий). На мосту есть два адаптера: один из них формирует сигналы для радиоканала, другой предназначен для применения в кабельной подсети.

Исходя из стандарта IEEE 802.11 можно применять два способа, позволяющих передавать двоичную информацию в ЛВС, оба они имеют целью создать условия для защиты информации от нежелательного доступа.

Первый подход называют способом прямой последовательности (DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum). В нем мы можем наблюдать введение избыточности - каждый бит данных представляется последовательностью, содержащую 11 элементов ("чипы"). Такая последовательность формируется по алгоритму, который известен для участников связи, и в этой связи ее можно дешифровать при осуществлении приеме. За счет избыточности повышается помехоустойчивость, что дает возможности снижения требований к мощностям передатчика, а для того, чтобы сохранить высокую скорость нужно расширять полосу пропускания. Так, в аппаратуре фирмы Aironet в диапазоне 2,4 ГГц формируются 4 канала, имеющие ширину в 22 МГц.

Во втором подходе - способе частотных скачков (FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum). В таком способе полосу пропускания делят на 79 поддиапазонов. Происходит переключение передатчика через каждые 20 мс на новые поддиапазоны, при этом алгоритм того, как изменяются частоты знают только участники связи и он может меняться, что ведет к затруднению несанкционированного доступа к данным.

В случае использования радиоканалов при осуществлении процессов связи центральных и периферийных узлов в центральном пункте есть ненаправленная антенна, а в терминальных пунктах при этом применяют направленные антенны. Дальность связи будет составлять десятки метров, а если рассматривать области вне помещений - сотни метров. Можно привести пример системы, являющейся многоточечной: ненаправленная антенна располагается горизонтальным, составляя угол 30 градусов по отношению к вертикали, распределение частот : 5,8 ГГц - к терминалу, 2,4 ГГц - к центральным узлам, до 62 терминалов, дальность - 80 м без прямой видимости. Для системы RoomAbout связь по частоте 920 МГц гарантируются для расстояния в 120 метров, существуют условия по защите от перехвата информации.

Для условий, когда высокие уровни электромагнитных помех в ряде случаев применяют инфракрасные каналы связи. В течение последнего времени их стали использовать не только для цехов, но и для офисов, где лучи могут быть направлены над перегородками помещений. Несмотря на то, что скорости и удобства применения инфракрасных сетей очень

привлекательные, возникают трудности при передаче сигналов по расстояниям, которые больше, чем 30 м. Кроме того, подобные сети могут быть подвержены помехам со стороны сильных источников света, которые есть во многих компаниях.

Особенности спутниковых систем связи. Для спутниковых систем связи есть возможность осуществлять их расположение на соответствующих геостационарных (высотой 36 тысяч км) или низких орбитах. В случае геостационарных орбит мы можем отметить задержки, связанные с прохождением сигналов (в прямую и обратную сторону около 520 мс). Вполне возможно сделать покрытие поверхности по всему земному шару исходя из четырёх спутников. Для низкоорбитальных систем проведение обслуживания конкретных пользователей идет попеременно разными спутниками. Чем будет ниже значение орбиты, тем меньше будет площадь покрытия и, поэтому, требуется или использовать больше наземных станций, или важно ввести межспутниковую связь, что конечно, приведет к утяжелению спутника. Число спутников также значительно больше (обычно несколько десятков)

Структуру спутниковых каналов передачи данных можно проиллюстрировать с точки зрения примера весьма известной системы VSAT (Very Small Aperture Terminal). В наземной части системы есть множество комплексов, в каждый из них входит центральная станция (ЦС) и абонентские пункты (АП). Проведение связи ЦС и спутника идет по радиоканалу (с пропускной способностью 2 Мбит/с) на основе направленной антенны с диаметром 1...3 м, есть еще и приемопередающая аппаратура. Идет подключение АП к ЦС со схемой "звезда" на основе многоканальной аппаратуры (обычно говорят об аппаратуре T1 или E1, но возможно проведение и связи на основе телефонных линий) или на основе радиоканала через спутник. Те АП, по которым идет соединение по радиоканалу (говорят о подвижных или труднодоступных объектах), содержат свои антенны, и в каждом АП выделяют свою частоту. ЦС передает свои сообщения широкополосным образом для одной из фиксированных частот, а прием идет по частотам АП [16-19].

В качестве примеров российских систем спутниковой связи с геостационарными орбитами можно привести системы Инмарсат и Runnet. Например, в Runnet используют 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.

Заключение. Таким образом, в работе проведен анализ характеристик разных каналов связи. Определены зависимости ширины канала и

скорости передаваемых данных. Определены возможности передачи информации в современных каналах связи. Показано, что современные отечественные системы связи имеют возможности для передачи информации в гигагерцовом диапазоне при размерах антенн, составляющих размеры несколько метров. Показаны перспективы развития спутниковых систем связи, где при достаточно приемлемой скорости 2 Мбит/с возможна передача различной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомина Ю.А. Принципы индексации информации в поисковых системах / Ю.А.Фомина, Ю.П. Преображенский //Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 98-100.
2. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Я.А. Мишин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153-156.
3. Ермолова В.В. Архитектура системы обмена сообщений в немаршрутизируемой сети / В.В.Ермолова, Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 79-81.
4. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / О.В. Милошенко // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
5. Завьялов Д.В. О применении информационных технологий / Д.В.Завьялов //Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 71-72.
6. Дешина А.Е. Информационные риски в мультисерверных системах: выбор параметров системы защиты / А.Е.Дешина, О.Н.Чопоров, К.А.Разинкин //Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 3. С. 365-370.
7. Душкин А.В. Декомпозиционная модель угроз безопасности информационно-телекоммуникационным системам / А.В.Душкин, О.Н. Чопоров //Информация и безопасность. 2007. Т. 10. № 1. С. 141-146.
8. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей / А.В. Баранов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49-50.
9. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи / С.О.Головинов, А.А.Хромых // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13-14.
10. Дешина А.Е. Интегральная оценка общего риска при синтезе иткс на основе параметров риска ее компонентов / А.Е.Дешина, И.А.Ушкин,

- О.Н. Чопоров // Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 510-513.
11. Попов Е.А. Риск-анализ информационно-телекоммуникационных систем при аддитивном характере параметра нерегулярности / Е.А.Попов, Н.Н.Корнеева, О.Н. Чопоров, А.В. Заряев // Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 482-485.
 12. Иванов М.С. Разработка алгоритма отсечения деревьев / М.С.Иванов, Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 031-032.
 13. Зазулин А.В. Особенности построения семантических моделей предметной области / А.В.Зазулин, Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 026-028.
 14. Землянухина Н.С. О применении информационных технологий в менеджменте / Н.С.Землянухина //Успехи современного естествознания. 2012. № 6. С. 106-107.
 15. Ряжских А.М. Построение стохастических моделей оптимизации бизнес-процессов / А.М.Ряжских, Ю.П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 079-081.
 16. Филипова В.Н. Проблемы управления в туризме / В.Н.Филипова, Д.С.Тарасова, Д.Ю.Олейник //Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 119-123.
 17. www.fortsecurity.ru/canals.html
 18. project.net.ru/others/article7/net2_2.html
 19. pnn.narod.ru/nets/net/net2.html

E.S. Zatsepin

THE CHARACTERISTICS OF MODELS OF DATA TRANSMISSION CHANNELS

Voronezh Institute of High Technologies

In this paper the main characteristics of communication channels are given. The relationship is shown between the maximum possible information rate and bandwidth in the communication channel. . The advantage is demonstrated of using a digital method of data processing in comparison with analog. The methods of data processing method direct sequence and frequency hopping methods. The territorial network at the regional levels are often used radio relay lines is justified. The advantages of point-to-point connections are shown.

Keywords: channel, model, protocol, characteristics, efficiency, data