

Лекция

по учебной дисциплине «Теория, системы и устройства передачи данных»
ст. преп. каф. СС и ПД Владимирова Сергей Александрович

Тема: Теория, системы и устройства передачи данных. Введение в дисциплину, общие вопросы.

Учебные вопросы:

1. Передача данных. Услуги-сети-каналы-среда. Модели OSI и TCP/IP.
2. Система передачи данных. Основные понятия и определения.
3. Характеристики сигналов электросвязи.
4. Функциональные преобразования сигналов в системах передачи данных.

Литература:

1. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2012. - 960 с.
2. Сакалема Д. Ж. Подвижная радиосвязь / Под ред. профессора О. И. Шелухина. – М.: Горячая линия–Телеком, 2016 . – 512 с.
3. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб.: Питер, 2012. – 943 с.

Продолжающееся интенсивное развитие цифровых систем передачи и сетей на их основе объясняется существенными пользовательскими и техническими достоинствами таких систем передачи, включая качество предоставляемых операторами услуг связи. Прямым подтверждением этому является широкое территориальное распространение цифровых мобильных систем связи на базе персональных мобильных абонентских устройств с расширением их функционала до персонального компьютера.

С пользовательской точки зрения фактически происходит стирание границ между каналами в разных средах распространения и передача данных от персонального радиоустройства заканчивается получением качественной услуги, организованной на цифровой конвергентной (проводной и оптической) сети связи оператора услуг.

Учебная дисциплина "**Теория, системы и устройства передачи данных**" рассчитана на два семестра обучения:

- 1-семестр - 13 лекций, 11 практических и 9 лабораторных работ, экзамен;
- 2-семестр - 18 лекций, 15 практических и 12 лабораторных работ, курсовой проект, экзамен.

Передача данных. Услуги-сети-каналы-среда. Модели OSI и TCP/IP.

Реальная сеть связи в современных условиях практически всегда смешанная сеть, построенная на базе многоуровневой иерархической модели, в соответствии с которой множество узлов и соединений разделяются на иерархические уровни. Каждый уровень выполняет строго определенную группу задач, которые называются процедурами. Иерархия уровней означает, что для выполнения задач (процедур), соответствующих каждому отдельному

уровню, физические и программные устройства этого уровня обращаются к физическим и программным устройствам только тех уровней, которые непосредственно примыкают по иерархической структуре к данному уровню.

Все возможные связи между соседними уровнями в узлах и между различными узлами в сети группируются в определенные интерфейсы и протоколы. **Интерфейс** определяет технические требования для стыковки устройств заданного или соседнего уровня и определяет услуги, которые могут быть предоставлены данным уровнем. Иерархия протоколов означает, что при взаимодействии двух узлов сети связи протокольный обмен информацией возможен только между однотипными уровнями. **Протокол** задает и перечисляет форматы представления информации и сигналов управления при взаимодействии однотипных уровней различных узлов.

Стандарты связи и руководящие документы отрасли обеспечивают совместимость оборудования и программного обеспечения различных производителей и включают в себя описание протоколов, интерфейсов, процедур и других правил обмена информацией и организации стыков оборудования.

Сетевая модель – это набор стандартов и правил, протоколов и требований, разделенных по уровням. Их основное назначение – построение сети между устройствами.

Концептуальная **модель взаимодействия открытых систем OSI-7** (Open Systems Interconnection) описывает принципы и порядок прохождения информации от одного абонента к другому через обобщенную физическую сеть связи. Сеть связи представляется в виде иерархической структуры узлов и соединений, не зависящей от физической и программной реализации узлов и соединений, вида и назначения передаваемой информации. Процедуры, протоколы и интерфейсы достаточно независимы друг от друга, что позволяет применять и изменять их при необходимости в отдельности с минимальным влиянием на другие. Модель OSI-7 и TCP/IP представлены в табл. 1.

Сетевые модели OSI-7 и TCP/IP (RFC)

Таблица 1.

№	Модель OSI		Тип	Модель TCP/IP	
	Уровень			Уровень	
7	Прикладной - <i>Application</i>		Верхние уровни	Прикладной - <i>Application</i>	4
6	Представления - <i>Presentation</i>				
5	Сеансовый - <i>Session</i>				
4	Транспортный - <i>Transport</i>			Транспортный	3
3	Сетевой - <i>Network</i>		Нижние уровни	Сетевой - <i>Internet</i>	2
2	Канальный - <i>Data Link</i>	Подуровень логической передачи данных		Канальный - <i>Link {Host-to-network}</i>	1
		Подуровень управления доступом к среде			
1	Физический - <i>Physical</i>				

Четыре верхних уровня модели OSI-7 определяют прохождение и доставку информации по магистральным сетям, организацию интерактивного соединения, взаимодействие с периферийными устройствами, взаимодействие с прикладными программами, базами данных и т.д. Все процедуры на этих уровнях, обычно реализуются в программном виде. Взаимодействие верхних уровней описывается протоколами высокого уровня, в значительной степени не зависящими от конкретной структуры или физической реализации нижних уровней.

Нижние уровни модели (с 1-го по 3-й) определяют передачу данных между выделенными узлами сети и существенно зависят от структуры и способа реализации сети связи. Процедуры на этих уровнях, реализуются как программно (например, протоколы обмена данными), так и аппаратно (например, формирование физического сигнала для передачи по линии связи).

Физический уровень определяет процедуры, протоколы и интерфейсы, которые совместно обеспечивают активизацию, поддержание и завершение физического соединения между соседними (непосредственно связанными) узлами в сети связи. На физическом уровне обеспечивается реальная передача данных по каналу, поэтому к основным процедурам физического уровня относятся:

- **преобразование информации** из программного представления (цифровое сообщение) в физическое представление (цифровой сигнал);
- **модуляция** монохроматического высокочастотного сигнала цифровым сигналом, установка несущей частоты и мощности модулированного колебания;
- **прием и детектирование** модулированного сигнала;
- **восстановление** переданного цифрового сообщения из демодулированного цифрового сигнала.

Для реализации этих процедур дополнительно указываются требования к аппаратуре, которые обеспечивают электромагнитную совместимость оборудования, а именно: стабильность несущей частоты передатчика и опорных генераторов - гетеродинов приемника, точность установки величины девиации несущей частоты, диапазон возможных мощностей передатчиков, чувствительность и избирательность приемников сигналов, время переходных процессов при включении и выключении приемопередатчиков и т.д.

Протокол физического уровня описывает взаимодействие физических уровней двух узлов сети, и, прежде всего, **способ представления сигнальной информации и данных (структуру пакета данных)**. В общем случае пакет данных, кроме пользовательской информации, может содержать биты начала и окончания пакета, синхропоследовательности для тактовой синхронизации приемника и передатчика, тестовые последовательности для определения достоверности приема данных, биты управления мощностью передатчика, идентификаторы абонента и аппаратуры, ключи шифрования.

Интерфейс физического уровня описывает взаимодействие физического уровня с канальным уровнем, а именно:

- размещение данных, полученных от канального уровня, в соответствующие позиции передаваемого пакета;
- извлечение из принятого пакета данных, предназначенных для передачи на канальный уровень;
- формирование сообщений на канальный уровень о состоянии канала связи (занятость канала, уровень помех в канале, уровень принимаемого сигнала, исправность аппаратуры и т.д.);
- прием данных от канального уровня на установку соответствующих параметров аппаратуры физического уровня (рабочей частоты, мощности).

Канальный уровень определяет процедуры, протоколы и интерфейсы, обеспечивающие достоверное прохождение информации по физической линии передачи между узлами сети, а также управление аппаратурой физического уровня. Функциональное назначение канального уровня – поддержка логического - канального соединения между двумя узлами сети, включая физический уровень, обеспечивающий реальное (физическое) соединение узлов. Канальный уровень выполняет последнее преобразование информации перед ее передачей по физическому каналу связи и по этому признаку часто определяется как граница раздела между физической и программной средой.

Канальный уровень подразделяется на два подуровня:

- управление логической передачей данных (Logical Link Control – LLC)
- управление доступом к среде передачи данных (Media Access Control – MAC).

Процедуры на канальном уровне обеспечивают управление оборудованием физического уровня и контроль состояния канала передачи данных:

- **контроль и распределение** ограниченных **ресурсов** оборудования в соответствии с требованиями логических устройств верхних уровней и состоянием канала;
- **разрешение конфликтных требований доступа** различных логических устройств к одним и тем же ресурсам физического уровня (обычно каналам или подканалам);
- **формирование команд управления** для оборудования (установка рабочих частот и мощностей, переключение режимов приема-передачи и прочее, контроль состояния канала ПД (занят-свободен), контроль отношений сигнал/шум в канале и активизации соответствующих процедур приема и передачи).

Протокол канального уровня взаимодействует на канальном уровне с другим узлом сети и функционально обеспечивает:

- кодирование/декодирование информации для повышения помехоустойчивости и надежности канала связи;
- интерливинг/деинтерливинг сообщений для исключения влияния быстрых замираний сигнала в канале на качество принимаемой информации;

- формирование требований на повторную передачу сообщений или снижение скорости передачи информации при недопустимо высоком уровне ошибок;
- анализ тестовых последовательностей для определения состояния канала и установки параметров эквалайзеров (компенсаторы неравномерностей АЧХ-каналов) или уровня кодирования (модуляции) бинов (поднесущих).

Сетевой уровень определяет конфигурацию локальных сети связи и управляет этой сетью. Сетевой уровень является чисто программным и очень часто не зависит от физической реализации сети. Сетевой уровень обеспечивает исполнение следующих основных функций:

- конфигурирования сети связи;
- логической адресации узлов, соединений и абонентов;
- определения местоположения абонента в сети связи;
- маршрутизации и управления вызовами;
- идентификации абонентов и оборудования, проверка их легальности, приоритета абонентов и перечня предоставляемых им услуг связи;
- управления мобильными абонентами при их перемещении в зонах, обслуживаемых радиосетями;
- взаимодействия с другими сетями связи.

Три нижних уровня модели OSI-7 (физический, канальный, сетевой) практически полностью характеризуют структуру и особенности конкретной физической сети передачи данных. Верхние уровни модели OSI-7 практически всегда не зависят от физической структуры сети и часто представлены в виде сокетов (портов или шлюзов) с ограниченным набором функций, заданным в соответствии с назначением протокола или приложения.

Модель OSI полностью задокументирована как эталонная сетевая модель и несмотря на то, что TCP/IP и OSI являются несовместимыми моделями, большое количество терминов из документации для OSI было заимствовано для документации по TCP/IP. TCP/IP ссылается на огромное количество протоколов, описание которых находится в документах под названием RFC.

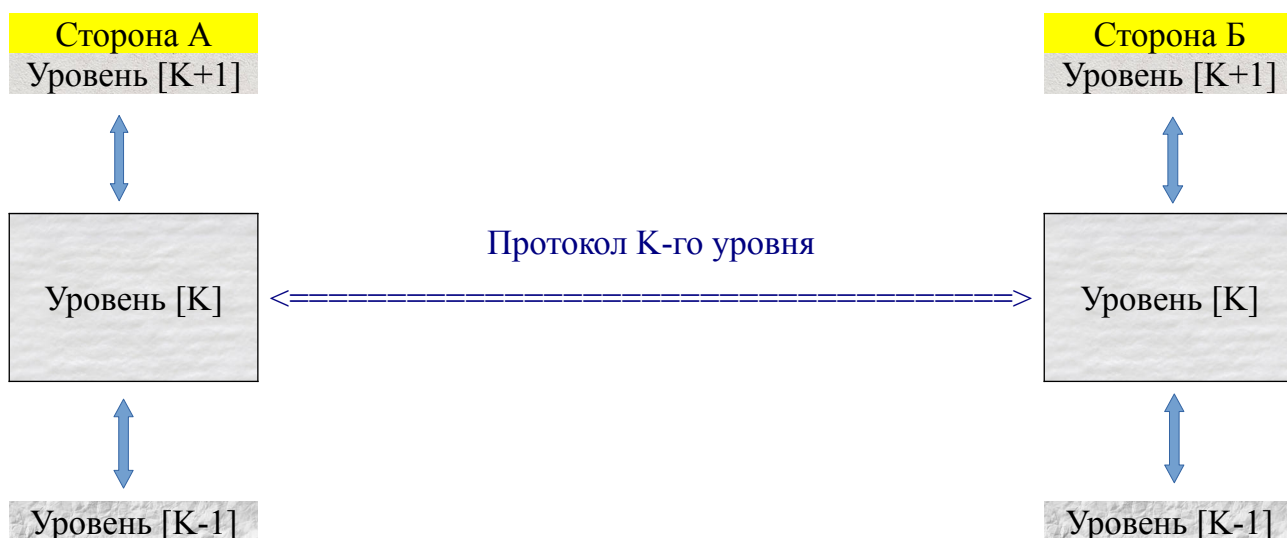


Рис. 1. Взаимодействие между службами и протоколами по уровням.

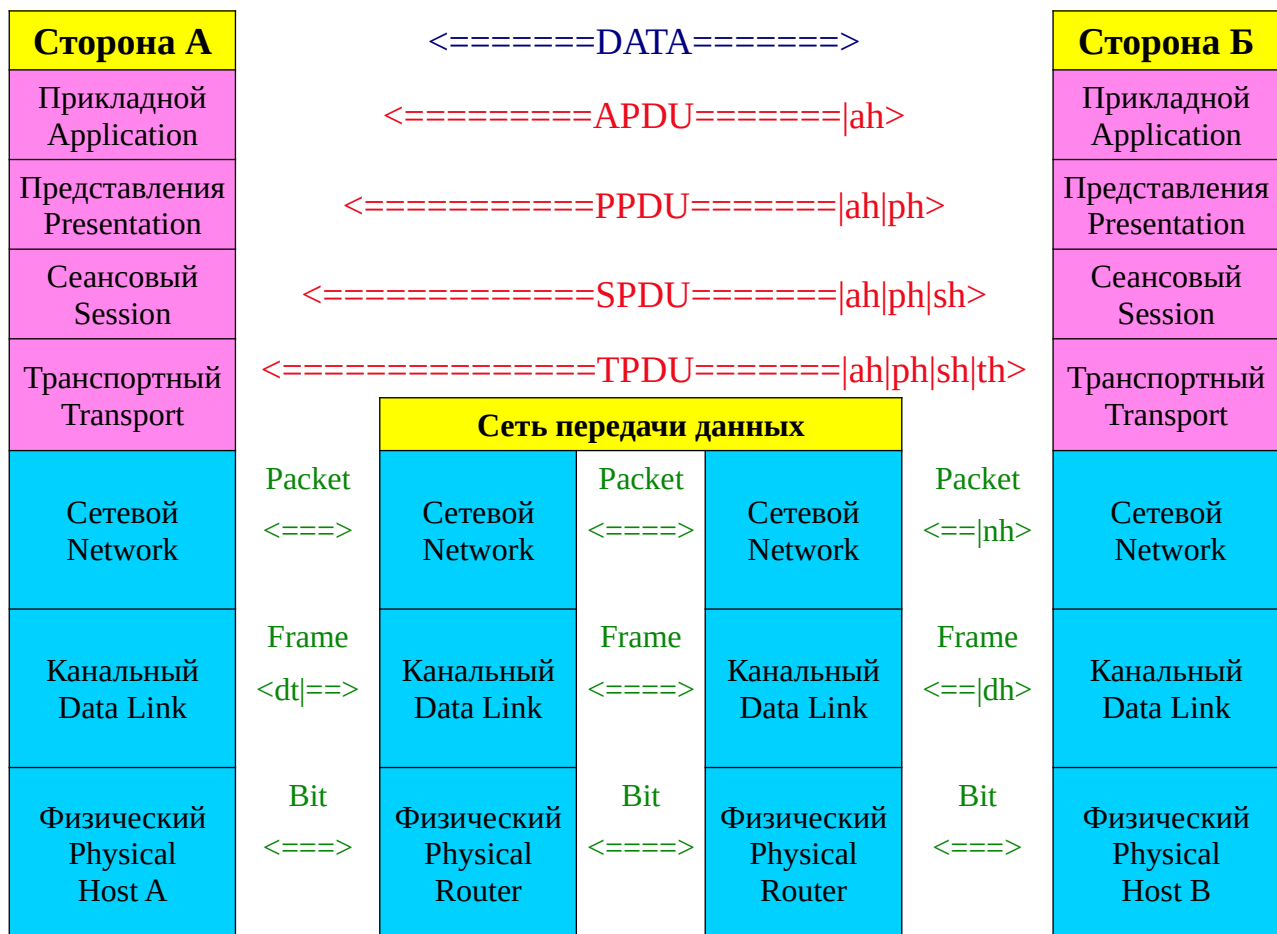


Рис. 2. Передача данных между двумя узлами.

Передача данных между двумя узлами (абонентами) сети определяется интерфейсами взаимодействия уровней в узле и процедурами, выполняемыми на каждом уровне. На сетевом уровне происходит поиск абонента в локальной сети и сопровождение мобильного абонента при его передвижении с целью поддержания непрерывности сеанса связи. На канальном уровне выполняется помехоустойчивое кодирование информации, определяется доступность канала связи между двумя выделенными узлами сети и осуществляется контроль достоверности передачи информации между взаимодействующими узлами. На физическом уровне происходит преобразование информационного потока в реальный сигнал, который и передается по соединению. Затем данные одного узла связи проходят по каналу связи (соединению сети), поступают на физический уровень другого узла связи и проходят обратный путь от физического уровня к представительскому. Только соседние уровни каждого узла взаимодействуют между собой в процессе приема и передачи информации. Указанная последовательность действий описывает в самом общем случае установление, поддержание и завершение соединения между двумя узлами сети. Ясно, что в зависимости от функционального назначения узлов далеко не все уровни (функции) могут или должны быть использованы. Если узлы являются реальными источниками и потребителями информации, то взаимодействие действительно происходит по описанному выше сценарию. Если же узлы связи являются просто транзитными (промежуточными) узлами

сети, то, очевидно, в приеме и передаче информации принимают участие только нижние уровни.

DATA, APDU, PPDU, SPDU, TPDU, packet, frame, bit - сформированные для передачи блоки данных с заголовками соответствующих уровней => ah-application header | ph-presentation header | sh-session header | th-transport header | nh-network header (IP-header) | dh-data header (Eth-header);

dt - контрольное поле окончания передачи данных, зависит от типа интерфейса, кода передачи и может отсутствовать вообще => CRC, FCS, ...

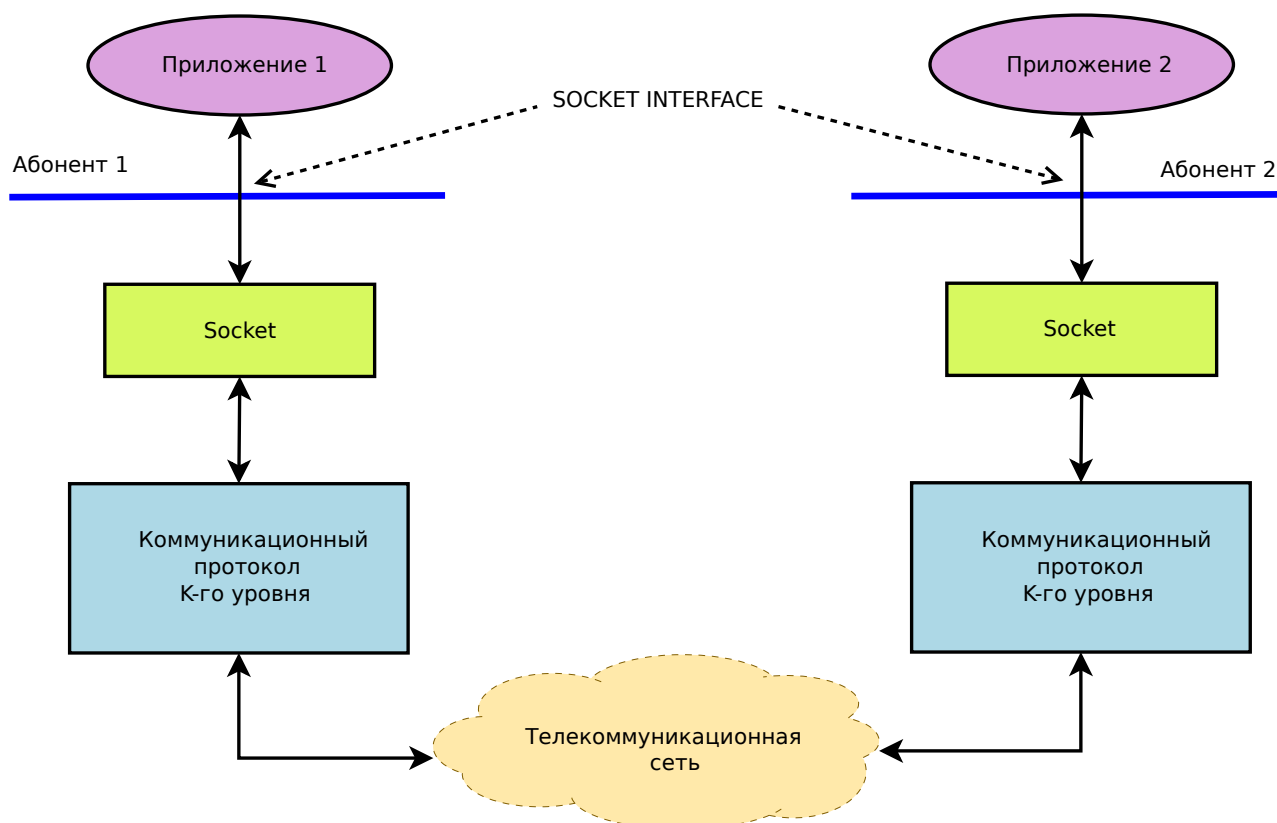


Рис. 3. Взаимодействие приложений (услуг) и протоколов на верхнем уровне.

Любые сети - передачи данных, телекоммуникационные, конвергентные строят на базе специально предназначенного для этого оборудования, работающего с использованием самых различных прикладных, физических и математических моделей с применением различных принципов и подходов передачи.

Система передачи данных. Основные понятия и определения.

Системой электросвязи называется совокупный комплекс технических средств, обеспечивающих передачу электрических сигналов по подготовленным и сформированным каналам связи.

Сообщением называют подготовленную к передаче совокупность сведений о состоянии какого-либо объекта, полученные в результате наблюдения одним человеком и предназначенную для другого человека, который не имеет возможности получить эти сведения из непосредственных наблюдений. Наблюдаемая материальная система, включая наблюдателя

представляет собой **источник информации**, а человек или устройство, которому предназначаются результаты наблюдения, называется **получатель информации**. Для передачи различных сообщений обычно применяют электрические сигналы – электромагнитные колебания, изменения параметров которых отображают передаваемые сообщения. Передача сообщений с помощью электрических сигналов называется **электросвязью**.

Канал связи – это совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающая передачу электромагнитных сигналов, ограниченных по мощности в определенной области частот, или с определенной скоростью следования импульсов, ограниченных минимальной длительностью. Каналы образуются на линиях связи, образованных оборудованием, в пространстве которых, вдоль непрерывной направляющей среды, распространяются сигналы от передатчика к приемнику. Линии связи бывают проводные, световодные, волноводные, световые, радиолинии и

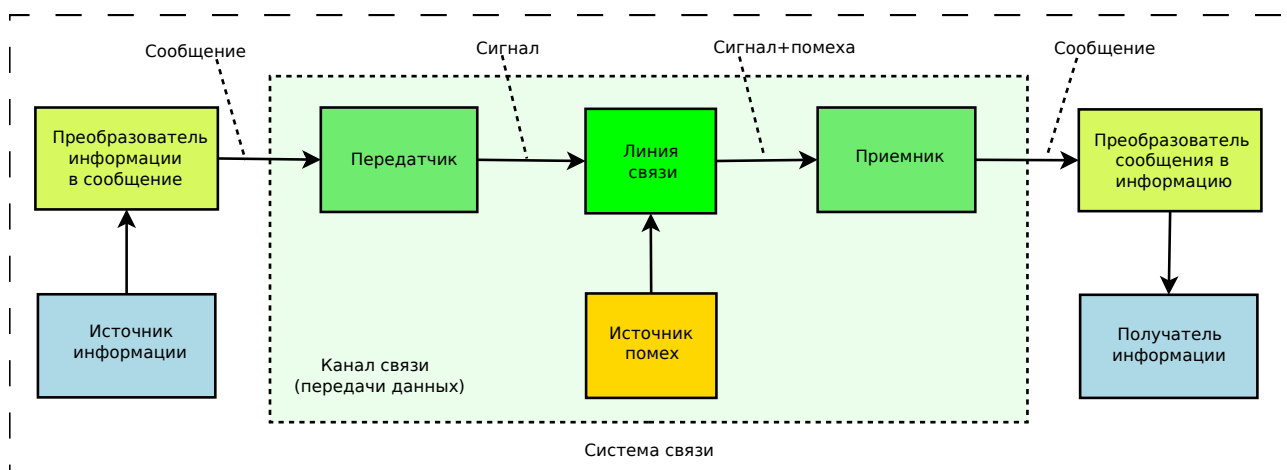


Рис. 4. Обобщенная структурная схема системы связи.

Любая информация передается по каналам связи, в состав которых входят: передатчик, линия связи и приемник. Совокупность источника сообщений, передатчика, линии связи, приемника и получателя сообщений (рис. 4) образует **систему связи** (систему передачи информации).

Сообщения могут быть представлены в дискретной и непрерывной форме. **Дискретные сообщения** представляют собой последовательность символов, причем число различных символов конечно. Примерами дискретных сообщений могут быть телеграфные сообщения, телекодовые посылки и т.д. Источники, создающие дискретные сообщения, называются дискретными. **Непрерывные сообщения** представляют собой непрерывную функцию времени. Источники информации, создающие непрерывные сообщения, называются непрерывными. Примерами непрерывных сообщений могут служить речь, музыка, значение некоторого параметра, изменяющегося во времени. Непрерывные сообщения могут быть представлены в виде дискретных путем дискретизации по времени и квантования по амплитуде.

Источник информации совместно с преобразователем информации в сообщении подают сообщения $Q_i(t)$ на передатчик, который преобразует

сообщения $Q_j(t)$ в сигналы $S_j(t)$. Сигналы $S_j(t)$ передаются через линию связи на сторону получателя информации и вместе с помехой $S_j(t) + n(t) = x_j(t)$ попадают на вход приемника. При распространении по каналу сигнал претерпевает всевозможные изменения, связанные с поглощением и рассеиванием, а также искажается вследствие замираний и отражений.

Приемник выделяет из суммы $x_j(t)$ переданный сигнал $S_j(t)$ и преобразует его в сообщение $Q_j'(t)$, которое затем поступает на вход преобразователя сообщений $Q_j'(t)$ в информацию. Из-за воздействия помех сообщения на выходе приемника $Q_j'(t)$ могут отличаться от переданных.

С математической точки зрения **определить или задать канал** — значит указать, какие сигналы можно подавать на его вход и каково будет распределение вероятностей сигнала на его выходе при известном сигнале на входе. Такое определение канала будет использоваться и в дальнейшем.

Общая задача теории передачи данных - это нахождение таких методов преобразования входящих сообщений в сигналы для указанного канала и обратного преобразования принятых сигналов в сообщения, при которых обеспечивается наилучшая передача входящих сообщений.

Системой передачи данных (информации) называется канал связи вместе с источником информации и ее получателем при заданных методах преобразования сообщения в сигнал и восстановления сообщения по сигналу. Системы передающие дискретные сообщения называются дискретными или цифровыми, а системы, предназначенные для передачи непрерывных сообщений — непрерывными, или аналоговыми. Соответственно и каналы передачи называются дискретными и непрерывными.

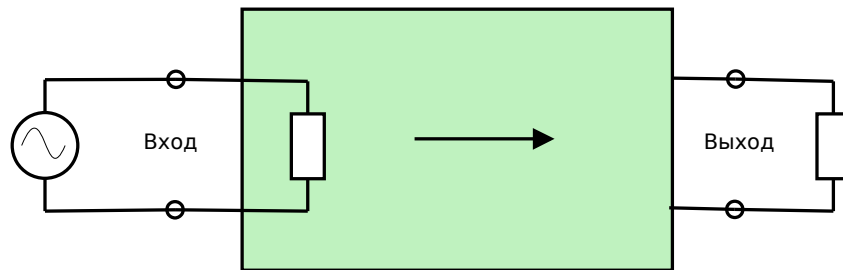
Протоколом связи называется набор соглашений и правил взаимодействия двух корреспондентов сети связи, а также соглашений по формату и семантике передаваемых данных. **Формат сообщения** — это нормализованное расположение отдельных элементов сообщения, которое должен соблюдать оператор или устройство, составляющие это сообщение для автоматической передачи. **Семантика** передаваемых данных определяет сущность кодов, команд, сообщений и охватывает совокупность операций, служащих для определения либо кодирования смысла данных.

Стык, или **интерфейс** представляет границу между двумя устройствами или системами с определенными физическими, функциональными и электрическими параметрами. Интерфейс определяется совокупностью параметров и характеристик приемников, передатчиков, антенн, видов модуляции, способов разделения каналов и т.д.

К **шумам и помехам** $n(t)$ традиционно относят все вредные сигналы и процессы в системе связи, вызывающие искажение или маскировку полезных сигналов и приводящие к неоднозначным оценкам передаваемых сообщений.

Характеристики сигналов электросвязи

Канал связи (передачи данных) представлен в виде четырехполюсника:



Любой сигнал - это изменяющийся по величине параметра (напряжение $U_S(t)$ или ток $I_S(t)$) во времени физический процесс $S(t)$, который можно охарактеризовать следующими параметрами:

- энергией сигнала $E_S = \int_{-\infty}^{\infty} U_S^2(t) dt$;
- длительностью T ;
- средней мощностью $P_S = \frac{E_S}{T}$.

При передаче сообщений на входах или выходах каналов электросвязи (в некоторой точке x) электрические сигналы $S(t)$ характеризуются измеренными значениями напряжения U_x , тока I_x или мощности P_x . В технике электросвязи чаще используются не абсолютные измеренные значения этих величин, а их логарифмические характеристики определяемые, как **уровни передачи** по напряжению, току, мощности и представленные в **децибелах** $[dB]$:

$$u_{dB} = 20 \lg \left(\frac{U_x}{U_o} \right) , \quad i_{dB} = 20 \lg \left(\frac{I_x}{I_o} \right) , \quad p_{dB} = 10 \lg \left(\frac{P_x}{P_o} \right) , [dB], \text{ где}$$

U_o , I_o , P_o - величины принятые за опорные (определяются обычно, как абсолютные - при минимальных значимых уровнях принятых за 0 дБ - $P_o = 1$ мВт, $U_o = 0,775$ В и $I_o = 1,29$ мА на нормированном сопротивлении $Z_o = 600$ Ом и на частоте 800 Гц, или относительные при установленных других опорных или базовых уровнях 0 дБ). Формулы перехода от уровней $[dB]$ к абсолютным значениям $[B, mA, mW]$:

$$P_x = P_o * 10^{0.1 * p_{dB}} , \quad U_x = U_o * 10^{0.05 * u_{dB}} , \quad I_x = I_o * 10^{0.05 * i_{dB}} .$$

Если, $Z_x \neq Z_o$, то

$$p_x = 10 \lg \left(\frac{U_x^2}{Z_x} \frac{Z_o}{U_o^2} \right) = u_x + 10 \lg \left(\frac{Z_o}{Z_x} \right) , \quad p_x = 10 \lg \left(\frac{I_x^2}{I_o^2} \frac{Z_x}{Z_o} \right) = i_x - 10 \lg \left(\frac{Z_o}{Z_x} \right) ,$$

$$u_x = i_x - 20 \lg \left(\frac{Z_o}{Z_x} \right) . \quad \text{Если, } Z_x = Z_o, \text{ то уровни } p_{dB} = u_{dB} = i_{dB} .$$

Отношение сигнал/шум: $\frac{S_{dB}}{N} = 10 \lg \frac{P_S}{P_N} = p_S - p_N$.

Затухание в канале-коэффициент передачи канала: $K_{dB} = 10 \lg \frac{P_{вх}}{P_{вых}} = p_{вх} - p_{вых}$.

Усиление в канале-коэффициент передачи канала: $K_{\text{дБ}}^U = 10 \lg \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} = p_{\text{вых}} - p_{\text{вх}}$.

Динамический диапазон сигнала:

в амплитудном представлении по напряжению $D_{\text{дБ}}^U = 20 \lg \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{min}}} = u_{\text{max}} - u_{\text{min}}$,

в представлении по мощности $D_{\text{дБ}}^P = 10 \lg \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}} = p_{\text{max}} - p_{\text{min}}$.

Сигнал $S(t)$, имеющий конечную энергию, с частотной точки зрения может быть представлен в виде бесконечной суммы гармонических колебаний, амплитуды и фазы которых в пределах бесконечно малого диапазона частот $[f, f+df]$ задаются спектральной плотностью или спектром $\tilde{S}(f)$. Математически это выражается парой прямого и обратного преобразований Фурье

$$\tilde{S}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \exp(-j2\pi f t) dt \quad , \quad S(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{S}(f) \exp(j2\pi f t) df \quad .$$

Линейная частота $f = \frac{\omega}{2\pi}$. **Круговая частота** $\omega = 2\pi f$.

Комплексная экспонента $\exp(-j2\pi f t)$, представляемая по формуле Эйлера $\exp(-j\omega t) = e^{-j\omega t} = \cos \omega t - j \sin \omega t$.

Взаимно-однозначное соответствие между представлением сигнала во временной $S(t)$ и частотной $\tilde{S}(f)$ областях позволяет нам по своему усмотрению переходить от одного представления к другому в зависимости от удобства решения конкретной задачи.

Для характеристики размера зоны, в которой сосредоточена энергия сигнала во временной или частотной области, используются понятия **длительности сигнала** T и **полосы** W соответственно.

Сигнал, энергия которого задана в пределах строго ограниченного участка временной оси (конечный по времени), имеет неограниченный в частотном интервале (бесконечный) спектр.

Для дискретных и цифровых сигналов длительность импульсов определяется **скоростью передачи** B , измеряемой в бодах (символ, байт, битах/сек).

В случае бит в секунду величина $F_T = \frac{1}{T_u}$ и называется **тактовой**

частотой, которая численно равна скорости передачи двоичных сигналов B . Основная энергия сигнала при этом сосредоточена в полосе частот $[0 \dots F_T]$. В части договоренностей по толкованию смысла основная энергия появляются эффективная (в которой сосредоточено 90% энергии сигнала, уровень -3дБ по мощности от 0дБ) или среднеквадратичная (уровень 0.707 в нормированной АЧХ) длительность и полоса сигнала, определяемые размером зоны, в которой сосредоточена существенная часть энергии сигнала во временной или частотной области соответственно.

Искажения сигнала $S(t)$ оцениваются величиной коэффициента нелинейных искажений

$$k_{\text{нел.иск.}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} U_{Gi}^2}}{U_1}$$
, где U_1 - первая и U_{Gi} - вторая и следующие гармоники сигнала.

Функциональные преобразования сигналов в системах передачи данных

Первичное преобразование производится для того, чтобы любая начальная информация или сообщения вначале приняли форму сигнала, пригодного для передачи и приема по каналу связи. Чаще всего такое преобразование производится в электрический сигнал - ток или напряжение с одним или несколькими изменяющимися параметрами - амплитудой, частотой или фазой.

Фильтрация сигнала - выделение из исходного сигнала необходимой для дальнейшей обработки полосы частот или части спектра. Традиционно, по умолчанию фильтрация частотная (бывает и амплитудная, и временная) и определяется двумя основными понятиями - полоса пропускания и полоса задерживания. Каждая из полос определяется односторонним или двусторонним ограничением с указанием контрольных параметров - частоты (нижняя и верхняя) и затухания (усиления), часто применяется дополнительный предельный параметр - неравномерность в полосе пропускания (задерживания). Бывает низкочастотная (ФНЧ), высокочастотная (ФВЧ), полосовая (ПФ), заградительная (ЗФ) - чаще в технике применяется термин режекторная фильтрация (РФ), еще применяются и более сложные формы - решетчатая или гребенчатая фильтрация.

Дискретизация - преобразование непрерывного сигнала в дискретно-непрерывный с соблюдением необходимых условий для корректного восстановления. Операция эквивалентная умножению исходного непрерывного сигнала на периодическую дельта-функцию Дирака (в идеальном случае) или на периодическую последовательность коротких по длительности импульсов.

Квантование - приведение (преобразование) произвольных амплитуд дискретных сигналов к разрешенным установленным уровням заданной шкалы. Бывает линейным, с заданным правилом округления - обычно снизу или сверху или нелинейным, чаще логарифмическим для расширения границ входного динамического диапазона параметра сигнала, обычно амплитуды или частоты.

Кодирование - дискретное отображение или представление всего сигнала или его информационного параметра в виде последовательности (множества) специального набора символов по установленному правилу. Бывает примитивное (обычно преобразование систем счисления или простые амплитудные представления), эффективное (статистическое), корректирующее (помехоустойчивое). АЦП, ЦАП - примеры примитивного.

Модуляция - изменение одного или нескольких параметров (амплитуды, частоты, фазы, поляризации) несущего сигнала (аналогового или цифрового) в соответствии с информационным (первичным) сигналом по заранее заданному

правилу. Бывает амплитудная, частотная, фазовая, кодовая (ИКМ), дискретная амплитудная (АИМ, ШИМ, ЧИМ, ВИМ), дискретная частотная, дискретная фазовая и далее комбинации наименований в соответствии с изменяющимися параметрами - амплитудно-фазовая (АФМ), линейная частотная (ЛЧМ) и Разновидностью модуляции является *манипуляция* - модуляция по известным (параметрически заданным) конечным квантованным состояниям.

Демодуляция или *детектирование* - восстановление исходного информационного сигнала со стороны приемного конца системы передачи. Условием детектирования является априорная известность правил модуляции со стороны передающего конца.

Декодирование - процесс функционально обратный кодированию, применяется для восстановления исходной информации, но не всегда совпадающий с правилами прямого декодирования с точки зрения обратных функциональных преобразований.

Интерполяция - восстановление промежуточных значений сигнала по двум или более точкам отсчета исходного сигнала. Производится по заданным правилам.

Экстраполяция (предсказание) - производится параметрическое предположение значения параметра сигнала - предсказание величины значения по ранее известным отсчетам сигнала (*стохастическая* - статистически случайная) и/или длительным временным реализациям (истории сигнала) (*робастная* - заранее известная или установленно-предполагаемая).

Система - взаимоувязанная совокупность необходимых и достаточных элементов, предназначенная для выполнения одной или набора заданных функций (функционалов). Главное свойство элемента системы состоит в невозможности его исключения из системы.

Устройство - оборудование предназначенное для исполнения назначенного ему набора функционалов.