

Системы передачи информации

Анна Юрьевна Сизякова,
доцент каф. радиотехнических систем Ж-400

Список литературы

- 1. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь. Учебное пособие.– М.: Горячая линия – Телеком, 2011.
- 2. Журавлев В.И., Руднев А.Н. Цифровая фазовая модуляция. — М.: Радиотехника, 2012.
- 3. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебн. пособие.– М.: Эко-Тренд, 2005.
- 4. Радиотехнические системы передачи информации: Учебное пособие для вузов /В. А.Васин, В.В. Калмыков, Ю.Н. Себекин и др.; под ред. Ю.Б. Федорова и В.В. Калмыкова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005.
- **Дополнительная литература:**
- 5. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я.Д. Ширмана. — М.: Радиотехника, 2007.
- 6. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. Изд. 2-е, исправ. и доп. — М.: Техносфера, 2006.
- 7. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации.: Пер. с англ. — М.: ЗАО "РИЦ "Техносфера", 2011.
- 8. Горячкин О.В. Лекции по статистической теории систем радиотехники и связи. Учебное пособие.– М.: Радиотехника, 2008.
- 9. Б. Скляр. Цифровая связь. — М., С.-Пб., Киев: Издательский дом «Вильямс», 2003.
- 10. Сборник задач по курсу СПИ. Изд-во МЭИ, 1992

1. Предмет изучения

Радиотехническая система (РТС) – система, в которой радиотехническая подсистема выполняет основные функции.

Радиотехнические системы **передачи информации** (РТС ПИ) – это РТС, предназначенная для передачи **информации**.

Примеры:

системы радиосвязи,

системы радиовещания и телевидения,

радиотелеметрические системы

другие

Радиотехнические системы **измерительного типа** – радиолокационные и радионавигационные системы, системы траекторных измерений, системы измерения параметров окружающей среды и т.п.

Отличие от РТС ПИ:

– полезная информация накладывается на сигнал (или возникает в сигнале) в процессе его взаимодействия с окружающей средой и объектами;

– полезная информация отражает параметры и свойства этих объектов и среды распространения сигналов.

Структурная схема РТС ПИ



ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ

– это системы, предназначенные для передачи радиосигналов по каналам связи. Передача основана на последовательном преобразовании аналогового изображения в электрический сигнал, который модулирует несущее колебание, к сигналу изображения добавляются синхронизирующие импульсы и сигнал звукового сопровождения.

Разновидности: аналоговое, цифровое.

Особенности вещательные программы

Структура сигналов аналоговое ТВ: FM

цифровое ТВ: QPSK, QAM, OFDM

Диапазон радиоволн

Аналоговое ТВ МВ (47- 300 МГц), ДМВ (302-862 МГц)

Наземное цифровое ТВ (DVB-T2) 500 МГц ... 800 МГц

Спутниковое ТВ (DVB-S, DVB-S2) 3-4 ГГц, 11-13 ГГц

Скорости передачи

DVB-T2, DVB-S, DVB-S2 до 60 Мбит/с (зависит от мощности сигнала на входе)

КОМАНДНЫЕ

– это системы, предназначенные для передачи на управляемый объект (например, самолет, космический аппарат, робот) команд управления работой бортовыми системами управляемого объекта: включение и выключение аппаратуры, поддержание требуемых режимов работы приборов, агрегатов.

Особенности:

Переданные команды работают совместно с программным обеспечением, находящимся в памяти оборудования

Команды двух типов:

1 – управляют движением объекта

2 – работой его аппаратуры

По своей форме и принципам передачи они идентичны, различаются назначением

Структура сигналов цифровые М-ФМ (PSK), ЧМ (FSK), КАМ (QAM) и другие

СВЯЗНЫЕ

– это радиотехнические системы, предназначенные для передачи информации с использованием модулированных радиосигналов, при передаче которой используются различные методы помехоустойчивого кодирования, преобразования, отображения и обработки информации.

Показатели качества (ПК)

Это группа количественных характеристик, задающих требования к свойствам (в рассматриваемом случае) радиотехнической системы применительно к решаемым этой системой задачам.

а) функциональные ПК

б) технико-экономические ПК

функциональные: отвечают на вопрос, как выполняют свое назначение основные функциональные элементы системы

Функциональные ПК связанных РТС ПИ

- **Оперативность (своевременность)**

Это способность радиосистемы ПИ обеспечить прием и доставку сообщений или ведение переговоров в сроки, обусловленные потребностями потребителя.

- **Надежность**

Это способность радиосистемы ПИ обеспечить непрерывное выполнение своих функций в любых условиях в течение заданного промежутка времени. Надежность зависит от технического состояния аппаратуры, состояния среды распространения радиоволн и электромагнитной обстановки.

- **Помехоустойчивость**

Помехоустойчивость радиосвязи характеризует способность радиосистемы ПИ функционировать с заданной эффективностью при воздействии помех. Помехоустойчивость определяется видом используемых радиосигналов, способом кодирования, методом приема, отношением сигнал/ помеха на входе радиоприемника. Для количественной оценки помехоустойчивости используются показатели достоверности передачи информации.

Функциональные ПК связных РТС ПИ

● Достоверность

При воздействии помех работа радиосистемы ПИ может быть нарушена даже при полной аппаратурной надежности РЭС связи и управления. Это может быть, если радиосистема подавлена помехами. *Достоверность* характеризует степень точности воспроизведения переданной информации в пункте приема. Критерии оценки достоверности определяются характером и важностью передаваемых сообщений.

Достоверность передачи **речевых (аналоговых) сообщений** оценивается показателем артикуляции (разборчивости), определяемым отношением количества правильно принятых элементов речи (фраз, слогов, звуков) к общему числу переданных.

Достоверность передачи **цифровых сообщений** оценивается вероятностью ошибочного приема кодовых комбинаций, символов и т. д. Допустимая вероятность ошибочного приема символа в автоматизированных системах управления имеет порядок 10^{-12} .

● Скрытность

● Пропускная способность

● Полоса частот

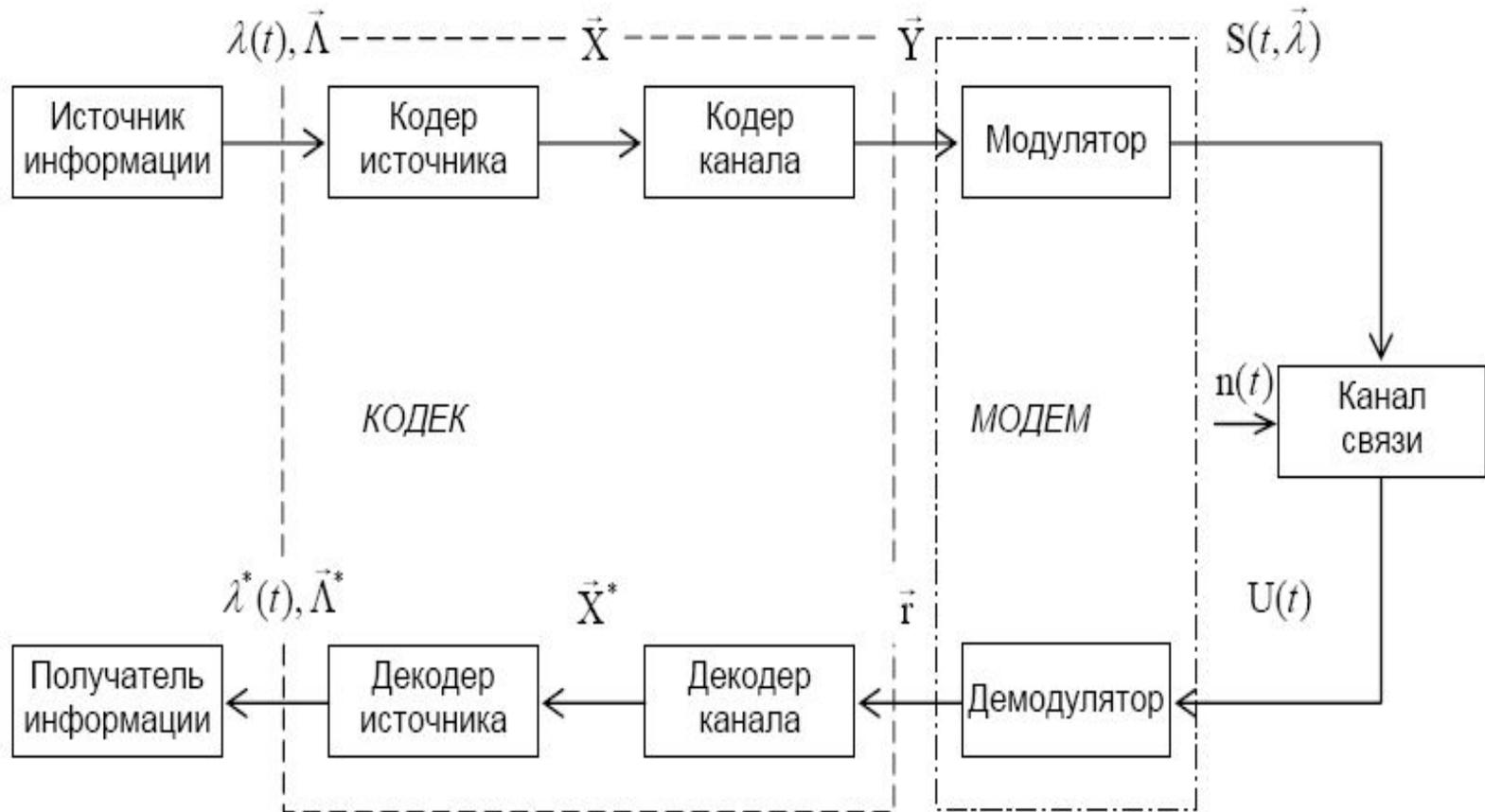
● Электромагнитная совместимость с другими РТ системами

Показатели качества

технико-экономические ПК:

- 1. Показатели *надежности* — безотказность, ремонтпригодность, долговечность (срок службы).
- 2. Показатели *технологичности* характеризуют эффективность конструкторских и технологических решений, обеспечивающих высокую производительность труда при изготовлении и ремонте продукции.
- 3. Показатели *стандартизации и унификации* показывают степень использования стандартизированных изделий и уровень унификации составных частей изделий.
- 4. *Эргономические* показатели учитывают комплекс гигиенических, физиологических, психологических свойств человека, проявляющихся в производственных и бытовых процессах.
- 5. *Патентно-правовые* показатели характеризуют степень патентоспособности изделия в стране и за рубежом.
- 6. *Экономические* показатели отражают затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию изделий, а также экономическую эффективность эксплуатации.

Структурная схема РТС ПИ



Кодер источника

Сообщения

$\lambda(t)$ или Λ

Под кодированием в общем случае понимают преобразование алфавита источника сообщения $A\{\lambda_i\}$ ($i = 1, 2, \dots, K$) в алфавит некоторым образом выбранных кодовых символов $R\{x_j\}$ ($j = 1, 2, \dots, N$).

Обычно (но не обязательно) размер алфавита кодовых символов $R\{x_j\}$ меньше или намного меньше размера алфавита источника $A\{\lambda_i\}$.

Кодирование сообщений может преследовать различные цели:

- сокращение объема передаваемых данных (сжатие данных);
- увеличение количества информации, передаваемой за единицу времени;
- повышение достоверности передачи;
- обеспечение секретности при передаче и т.д.

Под кодированием источника в РТС ПИ будем понимать сокращение объема (сжатие) информации с целью повышения скорости ее передачи или сокращения полосы частот, требуемой для передачи.

На выходе кодера источника по передаваемому сообщению $\lambda(t)$ или Λ формируется последовательность кодовых символов X , называемая *информационной последовательностью*, допускающая абсолютно точное (или приближенное) восстановление исходного сообщения и имеющая, по возможности, как можно меньший размер.

Кодер канала

Кодирование в канале, или помехоустойчивое кодирование, представляет собой способ обработки передаваемых данных, обеспечивающий уменьшение количества ошибок, возникающих в процессе передачи по каналу с помехами.

При помехоустойчивом кодировании в передаваемые сообщения вносится специальным образом организованная избыточность (в передаваемые кодовые последовательности добавляются избыточные символы), позволяющая на приемной стороне обнаруживать и исправлять возникающие ошибки.

Если при кодировании источника производится устранение *естественной избыточности*, имеющей место в сообщении, то при кодировании в канале *избыточность* в передаваемое сообщение сознательно *вносится*.

На выходе кодера канала в результате формируется последовательность кодовых символов $Y(X)$, называемая *кодовой последовательностью*.

Модулятор

Назначение - согласование сообщения источника или кодовых последовательностей, вырабатываемых кодером, с каналом связи и обеспечение возможности одновременной передачи большого числа сообщений по общему каналу связи (радиоканалу).

Большинство непрерывных $\lambda(t)$ и дискретных Λ сообщений, подлежащих передаче, и последовательности кодовых символов – X и Y – представляют собой сравнительно низкочастотные сигналы с относительно широкой полосой ($\Delta f < 1$ МГц, $\Delta f \sim f_0$). В то же время эффективная передача с использованием электромагнитных колебаний (радиоволн) возможна лишь для достаточно высокочастотных сигналов ($f_0 \geq 1 \dots 1000$ МГц и выше) с относительно узкополосными спектрами ($\Delta f \ll f_0$).

Поэтому модулятор должен преобразовать сообщения источника $\lambda(t)$ (Λ) или соответствующие им кодовые последовательности X и Y в сигналы $S(t, X(\lambda(t)))$, $S(t, Y(\lambda(t)))$ (наложить сообщения на сигналы), свойства которых обеспечивали бы им возможность эффективной передачи по радиоканалу (или другим существующим каналам связи – телефонным, оптическим и т. д.).

Канал связи (радиоканал)

Физические свойства радиоканала как среды распространения электромагнитных волн являются предметом подробного изучения в курсах “Электродинамика” и “Распространение радиоволн”.

Радиоканал = звено РТС ПИ

на входе сигнал передатчика $S(t, X(\Lambda))$ или $S(t, Y(\lambda(t)))$

на выходе сигнал $U(t)$ = принятое колебание

Принимаемое колебание $U(t)$ имеет вид

$$U(t) = \varepsilon \cdot S(t - \tau, Y(\lambda(t))) + n(t),$$

где ε - затухание, τ - временное запаздывание, $n(t)$ – шумы в канале связи.

Приемник

Назначение

с максимально возможной точностью по принятому колебанию $U(t)$

воспроизвести на своем выходе переданное сообщение $\lambda(t)$ или Λ .

Принятое (воспроизведенное) сообщение из-за наличия помех в общем случае отличается от посланного.

Принятое сообщение будем называть оценкой (имеется в виду оценкой сообщения) и обозначать тем же символом, что и посланное сообщение, но со знаком *: $\lambda^*(t)$ или Λ^* .

Процесс воспроизведения *оценки сообщения по принятому колебанию* в общем случае включает несколько этапов.

Демодулятор

Для воспроизведения оценки сообщения $\lambda^*(t)$ или Λ^* приемник системы должен

1) по принятому колебанию $U(t)$ и с учетом сведений об использованных при передаче виде сигнала и способе модуляции получить оценку кодовой последовательности $Y^*(\lambda(t))$, называемую *принятой последовательностью* \mathbf{r} . Эта процедура называется *демодуляцией*, *детектированием* или *приемом* сигнала.

При этом демодуляция должна выполняться таким образом, чтобы принятая последовательность \mathbf{r} в минимальной степени отличалась от переданной кодовой последовательности \mathbf{Y} .

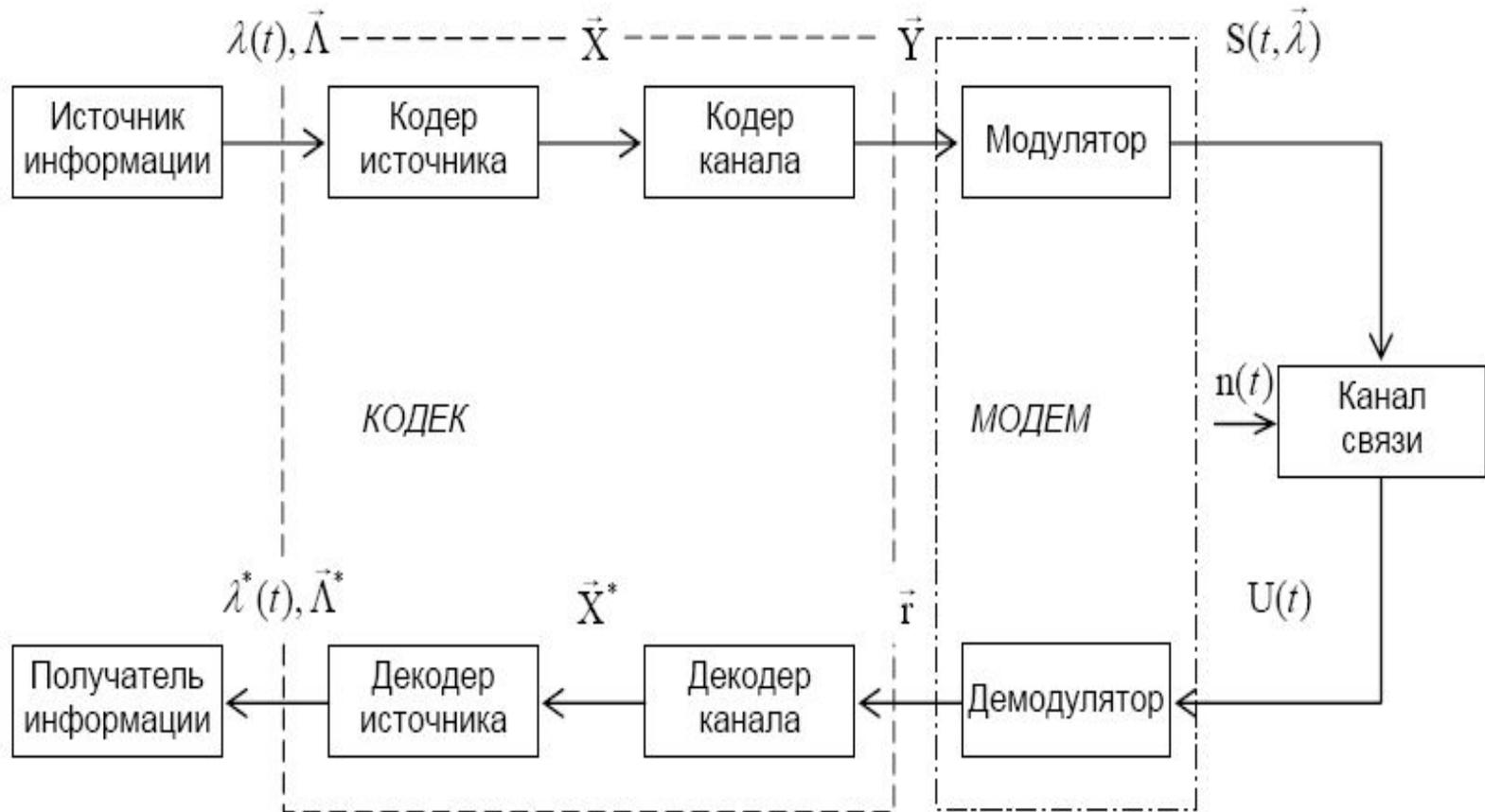
В своей постановке и по способам решения задача демодуляции принятого колебания $U(t)$ в основном совпадает с различными вариантами задачи оптимального приема сигнала на фоне помех (оптимальное обнаружение, оптимальное различение двух или нескольких сигналов и т.д.).

Декодер канала

Принятые последовательности r в общем случае могут отличаться от переданных кодовых слов Y , то есть содержать ошибки. Количество таких ошибок зависит от уровня помех в канале связи, скорости, выбранной для передачи сигнала, способа модуляции несущего колебания, а также от способа приема (демодуляции) колебания $U(t)$.

Задача декодера канала – обнаружить и, по возможности, исправить эти ошибки. Процедура обнаружения и исправления ошибок в принятой последовательности r называется **декодированием** канала. Результатом декодирования r является *оценка* информационной последовательности X^* . Выбор помехоустойчивого кода, способа кодирования, а также метода декодирования должен производиться так, чтобы на выходе декодера канала осталось как можно меньше неисправленных ошибок.

Структурная схема РТС ПИ



Структурная схема РТС ПИ

