

32.943.202
0-753



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Казахский национальный педагогический
университет имени Абая**

Учебно-методический комплекс

ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ





32.973.202
0-753
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный педагогический
университет имени Абая

Основы информационных систем

*Учебно-методический комплекс
дисциплины для обучающихся*

5B070300 - Информационные системы

Алматы,
2012

Абай атындағы ҚазҰПУ
КІТАПХАНАСЫ
БИБЛИОТЕКА
ҚазНПУ имени Абая

Инв. №

783533

УДК 004.4(075)
ББК 32.973.202 я73
О37

Рецензенты:

д.п.н., доцент Г.К. Камалова
к.п.н., ст.пр. Е.А. Киселева

Составители:

к.п.н., доцент С.А.Омарова
к.п.н., доцент Б.К. Тульбасова
ст.пр. Тойганбаева Н.А.

ISBN 9965-894-94-9

Основы информационных систем: учебно-методический комплекс. –
Алматы: Нур-Принт, 2012.- 68 стр.

Рекомендовано к изданию решением Ученого Совета физико-математического факультета Казахского национального педагогического университета имени Абая.

Протокол № 1 от « 31» августа 2012 года.

УДК 004.4 (075)
ББК 32.973.202 я73

ISBN 9965-894-94-9

© Нур-Принт, 2012

Опись содержания учебно-методического комплекса дисциплины

№	Наименование документации	Стр.
1	Силлабус	4
2	Тезисы лекций	9
3	Краткое описание семинарских и практических занятий (планы, задания для проведения семинарских и практических занятий, СРСП, СРС);	58
5	Задания для самопроверки и подготовки к экзамену, в том числе тесты	63
6	Перечень основной и дополнительной литературы, в том числе на электронных носителях	64
7	Перечень Интернет-ресурсов	65
8	Глоссарий	65



СИЛЛАБУС ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Информация о дисциплине

Наименование дисциплины Основы информационных систем	код дисциплины О К 2. 1	количество кредитов 3	Курс 4, семестр 7
Наименование Специальности Информационные системы	шифр специальности 5В0703	Кафедра ИСО	Ф-М факультет
Форма обучения (дневная), (СО, ПСО, ВО)		Язык обучения русский	
Время и место проведения дисциплины.			
Время консультаций			
Расписание рубежного контроля (неделя семестра)			
Омарова С.А., старший преподаватель	контактная информация (телефон, e-mail) 272-15-13, Sandi@ya.ru		
Подпись	Заведующий кафедрой	Сыдыков Б.Д.	

2. Краткое описание дисциплины. «Основы информационных систем» является ознакомление с основными моделями информационных процессов, организацией информационных процессов на физическом и канальном уровне изучение современных методов и моделей построения информационных систем различных видов в системе подготовки специалистов информационные системы:

- иметь представление о структуре информационного процесса, знать основы организации информационных процессов; владеть методами формализованного описания информационных процессов и объектов
- знать основы системного анализа и синтеза информационных систем; уметь использовать системный анализ при постановке и алгоритмизации задач информационной системы, определять концептуальную модель информационных систем.

3. Пререквизиты дисциплины. Для изучения дисциплины «Основы информационных систем» студентам необходимо хорошее знание Математический анализ», «Информатика», «Технология программирования», «Теория вероятности и математическая статистика».

4. Постреквизиты дисциплины Дисциплина «Основы информационных систем» служит базой для изучения таких дисциплин как «Проектирование информационных систем», «Информационная безопасность и защита информации».

5. Календарно-тематический план.

№	Наименование тем дисциплины	недели	Аудиторные занятия		Вид задания		Всего (ч.)
			Лекции (ч.)	Пр/сем./лаб./ студ (ч.)	СРСР	СРС	
1	Информационные системы. Этапы обращения информации.	1	2	2	3	2	9
2	Основные меры измерения информации: структурная, статистическая, семантическая. Условная энтропия. Энтропия объединения.	2	2	2	3	2	9
3	Статистические меры информации. Вероятность и информация. Энтропия. Количество информации и избыточность	3	2	2	3	2	9
4	Информационные потери при передаче сообщений по каналам связи с шумами. Скорость передачи информации и пропускная способность каналов связи	4	2	2	3	2	9
5	Математические модели сигналов. Понятие сигнала и его модели. Временная форма детерминированных сигналов.	5	2	2	3	2	9
6	Формы представления детерминированных сигналов	6	2	2	3	2	9
7	Частотная форма представления детерминированных сигналов.	7	2	2	3	2	9
8	Каналы и системы связи. Спектральное представление сигналов. Непрерывная модуляция	8	2	2	3	2	9
9	Каналы и системы связи. Импульсная модуляция.	9	2	2	3	2	9
10	Спектральный анализ модулированных колебаний.	10	2	2	3	2	9
11	Кодирование информации. Общие понятия теории кодирования. Аналоговые преобразователи. Эффективное кодирование. Аналого-цифровые преобразователи	11	2	2	3	2	9
12	Помехоустойчивое кодирование. Блочные коды.	12	2	2	3	2	9
13	Линейные групповые коды	13	2	2	3	2	9

14	Циклическое кодирование	14	2	2	3	2	9
15	Классификация методов дискретизации. Критерий оценки точности. Квантование по уровню.	15	2	2	3	2	9
	Всего		30	30	45	30	135

6. Литература для изучения (не более 10 источников)

Основная литература:

1. Акулиничев Ю.П., Дроздова В.И. Сборник задач по теории информации. Изд-во Томского Университета. Томск. 1976.
 2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. - М.: Высшая школа, 1989.
 3. Вернер М. Основы кодирования. М: Техносфера 2004, 288с.
 4. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи. М., «Связь», 1972.
 5. Зюко А.Г. Элементы теории передачи информации. «Техника», 1969
 6. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. Учебник для высших учебных заведений. Москва, «Радио и связь», 1991.
 8. Кузьмин И.В., Кедрус В.А. Основы теории информации и кодирования. Киев «Вища школа», 1977.
 9. Лебедев Д.С. Учебное пособие по курсу «Основы теории информации», Москва, 1966.
 10. Темников Ф.Е., Афонин В.А., Дмитриев В.Л. Теоретические основы информационной техники. : «Энергия», 1979.
 11. Титова Т.С., Яскевич Т.В. Решение задач по основам информационной технологии». Методические указания для студентов заочного обучения и задания на контрольные работы по дисциплине «Информационная технология» 2002г Алматы, КазНТУ 2004
- Дополнительная литература**
12. Г.В. Горелов, А.Ф.Фомин и др. Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте.-М.; «Транспорт» 1999г.
 13. Петров В.Н. Информационные системы. - **Питер СПб** 2002, 688с
 14. Романец Ю.В., Гимофеев П.А., Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях.
 15. Советов Б.Я. Информационная технология: Учебник для вузов по специальности "Автоматизированные системы обработки информации и управления". 1994
 16. Ханенко В.Н. Информационные системы. -Л.: «Машиностроение» 1988.

Интернет-ресурсы

<http://proger.h10.ru/>

7. Критерии оценки

Для оценки знаний студентов применяется рейтинговый контроль на основе балльной системы. Устанавливаются текущий, рубежный и итоговый контроли. Разбалловка всех видов контроля приводится в таблице

Виды контроля	Вид работы (занятия)	Оценка (max балл)	Количество	Сумма
Рубежный контроль №1	Посещение занятий	6	100	
	Лекционные занятия	10		
	Практические занятия	50		
	Самостоятельные работы студентов	34		
Рубежный контроль №2	Посещение занятий	6	100	
	Лекционные занятия	10		
	Практические занятия	50		
	Самостоятельные работы студентов	34		
Итоговый контроль	Экзамен	100	200	300

№	Вид работы	Оценка (max балл)	Количество	Сумма
1	A	4,0	100	отлично
2	A-	3,67	90-94	отлично
3	B+	3,33	85-89	хорошо
4	B	3	80-84	хорошо
5	B-	2,67	75-79	хорошо
6	C+	2,33	70-74	удовлетворительно
7	C	2,0	65-69	удовлетворительно
8	C-	1,67	60-64	удовлетворительно
9	D+	1,33	55-59	удовлетворительно

8. Требования преподавателя.

Итоговый контроль оценка знаний студента подразделяется на рубежный контроль, включая текущий и завершающий контроль (экзамен). Максимальная сумма баллов рубежного контроля по трем кредитам составляет 50 баллов, завершающего контроля 50 баллов,

итого 100 баллов. Систематическая проверка оценки знаний студента по каждому виду контроля учебной дисциплины, проводимая преподавателем, ведущим учебные занятия, проводится по схеме, представленной в таблице 7. Баллы соответствуют процентам.

1. Введение. Информационные системы. Этапы обращения информации. Понятие информационной системы

Под системой понимают любой объект, который одновременно рассматривается и как единое целое, и как объединенная в интересах достижения поставленных целей совокупность разнородных элементов. Системы значительно отличаются между собой как по составу, так и по главным целям.

В информатике понятие "система" широко распространено и имеет множество смысловых значений. Чаще всего оно используется применительно к набору технических средств и программ. Системой может называться аппаратная часть компьютера. Системой может также считаться множество программ для решения прикладных задач, дополненных процедурами ведения документации и управления расчетами.

Добавление к понятию "система" слова "информационная" отражает цель ее создания и функционирования. Информационные системы обеспечивают сбор, хранение, обработку, поиск, выдачу информации, необходимой в процессе принятия решений задач из любой области. Они помогают анализировать проблемы и создавать новые продукты.

Информационная система – система сбора, хранения, обновления, передачи, обработки и выдачи информации, необходимой для управления объектом.

Задачами информационной системы являются:

1. Обеспечение информацией о происходящем внутри системы. А также за её пределами.
2. Обеспечение информацией о правилах решения.
3. Регистрация, анализ и оценка данных о среде объекта.
4. Наблюдение за ходом управляемых процессов, получение, анализ и оценка данных о реальном состоянии управляемой системы.
5. Обеспечение ввода данных и обработки данных.
6. Извлечение из обработанных данных в нужной форме и необходимом объеме информации для принятия решений.
7. Получение административной и мотивационной информации для принятия решения
8. Контроль за выполнением принятых решений.

Современное понимание информационной системы предполагает использование в качестве основного технического средства переработки информации персонального компьютера. В крупных организациях наряду с персональным компьютером в состав технической базы информационной системы может входить мэйнфрейм или суперЭВМ. Кроме того, техническое воплощение информационной системы само по себе ничего не будет значить, если не учтена роль человека, для которого предназначена производимая информация и без которого невозможно ее получение и представление.

Необходимо понимать разницу между компьютерами и информационными системами. Компьютеры, оснащенные специализированными программными средствами, являются технической базой и инструментом для информационных систем. Информационная система немыслима без персонала, взаимодействующего с компьютерами и телекоммуникациями.

Этапы обращения информации в ИС

В ИС существуют следующие этапы обращения информации:

1. Этап восприятия информации.
2. Этап подготовки информации.
3. Этап передачи и хранения информации (для передачи на расстояние используются электрические, электромагнитные и оптические каналы, для хранения информации используются полупроводниковые, магнитные, оптические носители).
4. Этап обработки информации.
5. Этап отображения информации.

Процессы в информационной системе

Процессы, обеспечивающие работу информационной системы любого назначения, условно можно представить в виде схемы (рис. 1), состоящей из блоков:

- ввод информации из внешних или внутренних источников;
- обработка входной информации и представление ее в удобном виде;
- вывод информации для представления потребителям или передачи в другую систему;
- обратная связь - это информация, переработанная людьми данной организации для коррекции входной информации.

Информационная система определяется следующими свойствами:

- любая информационная система может быть подвергнута анализу, построена и управляема на основе общих принципов построения систем;
- информационная система является динамичной и развивающейся;
- при построении информационной системы необходимо использовать системный подход;
- выходной продукцией информационной системы является информация, на основе которой принимаются решения;
- информационную систему следует воспринимать как человеко-компьютерную систему обработки информации.



Рис. 1. Процессы в информационной системе

В настоящее время сложилось мнение об информационной системе как о системе, реализованной с помощью компьютерной техники. Хотя в общем случае информационную систему можно понимать и в некомпьютерном варианте.

Чтобы разобраться в работе информационной системы, необходимо понять суть проблем, которые она решает, а также организационные процессы, в которые она включена. Так, например, при определении возможности компьютерной информационной системы для поддержки принятия решений следует учитывать:

- структурированность решаемых управленческих задач;
- уровень иерархии управления фирмой, на котором решение должно быть принято;
- принадлежность решаемой задачи к той или иной функциональной сфере бизнеса;
- вид используемой информационной технологии.

Технология работы в компьютерной информационной системе доступна для понимания специалистом некомпьютерной области и может быть успешно использована для контроля процессов профессиональной деятельности и управления ими.

Внедрение информационных систем может способствовать:

- получению более рациональных вариантов решения управленческих задач за счет внедрения математических методов и интеллектуальных систем и т.д.;
- освобождению работников от рутинной работы за счет ее автоматизации;
- обеспечению достоверности информации;
- замене бумажных носителей данных на магнитные диски или ленты, что приводит к более рациональной организации переработки информации на компьютере и снижению объемов документов на бумаге;
- совершенствованию структуры потоков информации и системы документооборота в фирме;
- уменьшению затрат на производство продуктов и услуг;
- предоставлению потребителям уникальных услуг;
- отысканию новых рыночных ниш;
- привязке к фирме покупателей и поставщиков за счет предоставления им разных скидок и услуг.

Основная литература: 2[97-107], 3[12-15], 5[7-9]

Контрольные вопросы

1. Определите основные задачи ИС.
2. Определите основные этапы обращения информации.
3. Основные меры информации.
4. Понятие энтропии.

Лекция 2. Энтропия. Свойства энтропии.

Шеннон определил энтропию как меру неопределенности выбора дискретным источником состояний из ансамбля N .

Мера К. Шеннона. Формула Шеннона дает оценку информации независимо, отвлеченно от ее смысла:

$$I = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

где n - число состояний системы; p_i - вероятность (или относительная частота) перехода системы в i -е состояние, причем сумма всех p_i равна 1.

Если все состояния равновероятны (т.е. $p_i = 1/n$), то $I = \log_2 n$.

К. Шенноном доказана теорема о единственности меры количества информации.

Для случая равномерного закона распределения плотности вероятности мера Шеннона совпадает с мерой Хартли. Справедливость и достаточная универсальность формул Хартли и Шеннона подтверждается и данными нейropsychологии.

Пример. Время t реакции испытуемого на выбор предмета из имеющихся N предметов линейно зависит от $\log_2 N$: $t=200+180\log_2 N$ (мс). По аналогичному закону изменяется и время передачи информации в живом организме. Один из опытов по определению психофизиологических реакций человека состоял в том, что перед испытуемым большое количество раз зажигалась одна из n лампочек, на которую он должен был указать в ходе эксперимента. Оказалось, что среднее время, необходимое для правильного ответа испытуемого, пропорционально не числу n лампочек, а именно величине I , определяемой по формуле Шеннона, где p_i - вероятность зажечь лампочку номер i

Легко видеть, что в общем случае

$$I = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \leq \log_2 n$$

Если выбор i -го варианта предопределен заранее (выбора, собственно говоря, нет, $p_i=1$), то $I=0$.

Сообщение о наступлении события с меньшей вероятностью несет в себе больше информации, чем сообщение о наступлении события с большей вероятностью. Сообщение о наступлении достоверно наступающего события несет в себе нулевую информацию (и это вполне ясно: событие всё равно произойдет когда-либо).

Пример. Если положение точки в системе известно, в частности, она - в k -ой клетке, т.е. все $p_i=0$, кроме $p_k=1$, то тогда $I=\log_2 1=0$ и мы здесь новой информации не получаем (как и следовало ожидать).

Пример. Выясним, сколько бит информации несет произвольное двузначное число со всеми значащими цифрами (отвлекаясь при этом от его конкретного числового значения, т.е. каждая из возможных цифр может появиться на данном месте, в данном разряде с одинаковой вероятностью). Так как таких чисел может быть всего 90 (10-99), то информации будет количество $I=\log_2 90$ или приблизительно $I=6,5$. Так как в таких числах значащая первая цифра имеет 9 значений (1-9), а вторая - 10 значений (0-9), то $I=\log_2 90=\log_2 9+\log_2 10$. Приблизительное значение $\log_2 10$ равно 3,32.

Итак, сообщение в одну десятичную единицу несет в себе в 3,32 больше информации, чем в одну двоичную единицу (чем $\log_2 2 = 1$), а вторая цифра, например, в числе aa, несет в себе больше информации, чем первая (если цифры а обоих разрядов неизвестны; если же эти цифры а известны, то выбора нет и информация равна нулю).

Если в формуле Шеннона обозначить $f_i = -\log_2 p_i$, то получим, что I можно понимать как среднеарифметическое величин f_i .

Отсюда, f_i можно интерпретировать как информационное содержание символа алфавита с индексом i и величиной p_i вероятности появления этого символа в сообщении, передающем информацию.

Пример. Пусть рассматривается алфавит из двух символов русского языка - "к" и "а". Относительные частоты встречаемости этих букв в частотном словаре русского языка равны соответственно $p_1 = 0.028$, $p_2 = 0.062$. Возьмем произвольное слово р длины N из k букв "к" и m ($k+m=N$) букв "а" над этим алфавитом. Число всех таких возможных слов, как это следует из комбинаторики, равно $n = N! / (k! m!)$. Оценим количество информации в таком слове: $I = \log_2 n = \ln n / \ln 2 = \log_2 e [\ln N! - \ln k! - \ln m!]$. Используя известную формулу Стирлинга (эта формула, как известно из математического анализа, достаточно точна при больших N, например, при $N > 100$) - $N! \approx (N/e)^N$, а точнее, ее важное следствие, - $\ln N! \approx N(\ln N - 1)$, получаем оценку количества информации (в битах) на 1 символ любого слова:

$$\begin{aligned} I_1 &= I/N \approx (\log_2 e / N) [(k+m)(\ln N - 1) - k(\ln k - 1) - m(\ln m - 1)] = \\ &= (\log_2 e / N) [k \ln(N/k) - m \ln(N/m)] = \\ &= -\log_2 e [(k/N) \ln(k/N) + (m/N) \ln(m/N)] \leq \\ &\leq -\log_2 e [p_1 \ln p_1 + p_2 \ln p_2] = \\ &= -\log_2 e [0,028 \ln 0,028 + 0,062 \ln 0,062] \approx 0,235. \end{aligned}$$

Пример. В сообщении 4 буквы "а", 2 буквы "б", 1 буква "и", 6 букв "р". Определим количество информации в одном таком (из всех возможных) сообщении. Число N различных сообщений длиной 13 букв будет равно величине: $N = 13! / (4! \times 2! \times 1! \times 6!) = 180180$. Количество информации I в одном сообщении будет равно величине: $I = \log_2(N) = \log_2 180180 \approx 18$ (бит).

Если k - коэффициент Больцмана, известный в физике как $k = 1.38 \times 10^{-16}$ эрг/град, то выражение

$$S = -k \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

в термодинамике известно как энтропия, или мера хаоса, беспорядка в системе. Сравнивая выражения I и S , видим, что I можно понимать как информационную энтропию (энтропию из-за нехватки информации о/в системе).

Л. Больцман дал статистическое определение энтропии в 1877 г. и заметил, что энтропия характеризует недостающую информацию. Спустя 70 лет, К. Шеннон сформулировал постулаты теории информации, а затем было замечено, что формула Больцмана инвариантна информационной энтропии, и была выявлена их системная связь, системность этих фундаментальных понятий.

Важно отметить следующее.

Нулевой энтропии соответствует максимальная информация. Основное соотношение между энтропией и информацией:

$$I+S(\log_2 e)/k=\text{const}$$

или в дифференциальной форме

$$dI/dt = -((\log_2 e)/k) dS/dt.$$

При переходе от состояния S_1 с информацией I_1 к состоянию S_2 с информацией I_2 возможны случаи:

1. $S_1 < S_2$ ($I_1 > I_2$) - уничтожение (уменьшение) старой информации в системе;
2. $S_1 = S_2$ ($I_1 = I_2$) - сохранение информации в системе;
3. $S_1 > S_2$ ($I_1 < I_2$) - рождение новой (увеличение) информации в системе.

Главной положительной стороной формулы Шеннона является ее отвлеченность от семантических и качественных, индивидуальных свойств системы. В отличие от формулы Хартли, она учитывает различность, разнoverоятность состояний - формула имеет статистический характер (учитывает структуру сообщений), делающий эту формулу удобной для практических вычислений. Основной отрицательной стороной формулы Шеннона является то, что она не различает состояния (с одинаковой вероятностью достижения, например), не может оценивать состояния сложных и открытых систем и применима лишь для замкнутых систем, отвлекаясь от смысла информации. Теория Шеннона разработана как теория передачи данных по каналам связи, а мера Шеннона - мера количества данных и не отражает семантического смысла.

Увеличение (уменьшение) меры Шеннона свидетельствует об уменьшении (увеличении) энтропии (организованности) системы.

При этом энтропия может являться мерой дезорганизации систем от полного хаоса ($S=S^{\max}$) и полной информационной неопределенности ($I=I^{\min}$) до полного порядка ($S=S^{\min}$) и полной информационной определенности ($I=I^{\max}$) в системе.

В случае равновероятных состояний источника формула Шеннона имеет вид:

$$H(N) = \log N \quad \text{формула Хартли}$$

Мера Р. Хартли. Пусть имеется N состояний системы S или N опытов с различными, равновозможными, последовательными состояниями системы. Если каждое состояние системы закодировать, например, двоичными кодами определенной длины d , то эту длину необходимо выбрать так, чтобы число всех различных комбинаций было бы не меньше, чем N . Наименьшее число, при котором это возможно, называется мерой разнообразия множества состояний системы и задается формулой Р. Хартли: $H=k\log_a N$, где k - коэффициент пропорциональности (масштабирования, в зависимости от выбранной единицы измерения меры), a - основание системы меры.

Если измерение ведется в экспоненциальной системе, то $k=1$, $H=\ln N$ (нат); если измерение было произведено в двоичной системе, то $k=1/\ln 2$, $H=\log_2 N$ (бит); если измерение было произведено в десятичной системе, то $k=1/\ln 10$, $H=\lg N$ (дит).

Пример. Чтобы узнать положение точки в системе из двух клеток т.е. получить некоторую информацию, необходимо задать 1 вопрос ("Левая или правая клетка?"). Узнав положение точки, мы увеличиваем суммарную информацию о системе на 1 бит ($I=\log_2 2$). Для системы из четырех клеток необходимо задать 2 аналогичных вопроса, а информация равна 2 битам ($I=\log_2 4$). Если же система имеет n различных состояний, то максимальное количество информации будет определяться по формуле: $I=\log_2 n$.

Справедливо утверждение Хартли: если в некотором множестве $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ необходимо выделить произвольный элемент $x_i \in X$, то для того, чтобы выделить (найти) его, необходимо получить не менее $\log_a n$ (единиц) информации.

Если N - число возможных равновероятных исходов, то величина $k\ln N$ представляет собой меру нашего незнания о системе.

По Хартли, для того, чтобы мера информации имела практическую ценность, она должна быть такова, чтобы отражать количество информации пропорционально числу выборов.

Пример. Имеются 192 монеты. Известно, что одна из них - фальшивая, например, более легкая по весу. Определим, сколько взвешиваний нужно произвести, чтобы выявить ее. Если положить на весы равное количество монет, то получим 3 независимые возможности: а) левая чашка ниже; б) правая чашка ниже; в) чашки уравновешены. Таким образом, каждое взвешивание дает количество информации $I = \log_2 3$, следовательно, для определения фальшивой монеты нужно сделать не менее k взвешиваний, где наименьшее k удовлетворяет условию $\log_2 3^k \geq \log_2 192$. Отсюда, $k \geq 7$ или, $k=7$ (или $k=8$ - если считать за одно взвешивание и последнее, очевидное для определения монеты). Итак, необходимо сделать не менее 7 взвешиваний (достаточно 7).

Формула Хартли отвлечена от семантических и качественных, индивидуальных свойств рассматриваемой системы (качества информации в проявлениях системы с помощью рассматриваемых N состояний системы). Это основная и положительная сторона формулы. Но имеется основная и отрицательная ее сторона: формула не учитывает различимость и различность рассматриваемых N состояний системы.

Уменьшение (увеличение) N может свидетельствовать об уменьшении (увеличении) разнообразия состояний N системы. Обратное, как это следует из формулы Хартли (так как основание логарифма больше 1!), - также верно.

Термодинамическая мера. Информационно-термодинамический подход связывает величину энтропии системы с недостатком информации о внутренней структуре системы (не восполняемым принципиально, а не просто нерегистрируемым). При этом число состояний определяет, по существу, степень неполноты наших сведений о системе.

Пусть дана термодинамическая система (процесс) S , а H_0 , H_1 - термодинамические энтропии системы S в начальном (равновесном) и конечном состояниях термодинамического процесса, соответственно. Тогда термодинамическая мера информации (негэнтропия) определяется формулой:

$$H(H_0, H_1) = H_0 - H_1.$$

Эта формула универсальна для любых термодинамических систем. Уменьшение $H(H_0, H_1)$ свидетельствует о приближении термодинамической системы S к состоянию статического равновесия (при данных доступных ей ресурсах), а увеличение - об удалении.

Поставим некоторый вопрос о состоянии термодинамической системы. Пусть до начала процесса можно дать p_1 равновероятных ответов на этот вопрос (ни один из которых не является предпочтительным другому), а после окончания процесса - p_2 ответов. Изменение информации при этом:

$$\Delta I = k \ln(p_1 / p_2) = k (\ln p_1 - \ln p_2).$$

Если $p_1 > p_2$ ($\Delta I > 0$) - идет прирост информации, т.е. сведения о системе стали более определенными, а при $p_1 < p_2$ ($\Delta I < 0$) - менее определенными. Универсально то, что мы не использовали явно структуру системы (механизм протекания процесса).

Пример. Предположим, что имеется развивающаяся социально-экономическая система с числом состояний 10, которая в результате эволюции развилась до системы с числом состояний 20. Нас интересует вопрос о состоянии некоторого составного элемента системы (например, предприятия). В начале мы знали ответ на вопрос и поэтому $p_1 = 1$ ($\ln p_1 = 0$). Число ответов было пропорционально величине $[\ln 10]$. После развития мы знаем уже микроэкономическое состояние, т.е. изменение информации о состоянии системы равно $\Delta I = -k \ln(20/10) = -k \ln 2$ (нат).

Пример. Предположим, что имеется термодинамическая система - газ в объеме V , который расширяется до объема $2V$ (рис. 6.1).

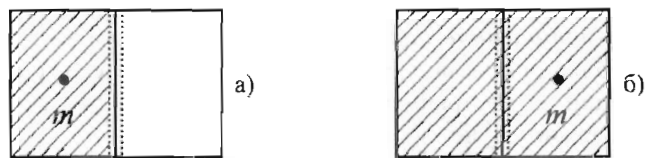


Рис. 6.1. Газ объема V (а) расширяемый до $2V$ (б)

Нас интересует вопрос о координате молекулы m газа. В начале (а) мы знали ответ на вопрос и поэтому $p_1 = 1$ ($\ln p_1 = 0$). Число ответов было пропорционально $\ln V$. После поднятия заслонки мы уже знаем эту координату (микросостояния), т.е. изменение (убыль) информации о состоянии системы будет равно

$$\Delta I = -k \ln(2V / V) = -k \ln 2 \text{ (нат)}.$$

Мы получили известное в термодинамике выражение для прироста энтропии в расчете на одну молекулу, и оно подтверждает второе начало термодинамики. Энтропия - мера недостатка информации о микросостоянии статической системы.

Величина ΔI может быть интерпретирована как количество информации, необходимой для перехода от одного уровня организации системы к другому (при $\Delta I > 0$ - более высокому, а при $\Delta I < 0$ - более низкому уровню организации).

Термодинамическая мера (энтропия) применима к системам, находящимся в тепловом равновесии. Для систем, далеких от теплового равновесия, например, живых биологических систем, мера-энтропия - менее подходящая.

Свойства энтропии

1. $H(p)$ непрерывна на интервале $0 \leq p \leq 1$, т.е. при малых изменениях p величина H изменяется мало.
2. $H(p)$ симметрична относительно p , т.е. не изменяется при любой перемене аргументов p_1 .

3. Если событие U_N состоит из двух событий U'_N и U''_N с

Вероятностями q_1 и q_2 , $q_1 + q_2 = p_N$, то

$$H(p_1, p_2, \dots, p_{N-1}, q_1, q_2) = H(p_1, p_2, \dots, p_N) + p_N * H(q_1/p_N, q_2/p_N)$$

4. Энтропия всегда неотрицательна.
5. Энтропия равна нулю, когда вероятность одного события равна единице.

Энтропия имеет наибольшее значение, когда все вероятности равны между собой.

Основная литература: 2[105-111], 3[35-41]

Вопросы

1. Понятие энтропии.
2. Основные свойства энтропии.
3. Условная энтропия.
4. Энтропия объединения.

Лекция 3. Статистические меры информации

Вероятность и информация. Энтропия.

Количество информации и избыточность.

Основные меры информации.

Важнейшим вопросом теории информации является установление меры количества и качества информации.

Существуют три основных теории в измерении информации:

1. Структурная.
2. Статистическая.
3. Семантическая.

Структурная теория рассматривает дискретное строение массивов информации и измерение простым подсчетом информационных элементов (квантов).

Статистическая теория оперирует понятием энтропии как меры неопределенности.

Семантическая теория учитывает целесообразность, ценность, полезность и существенность информации.

Все три направления имеют свои области применения.

Статистические меры информации

Вероятность и информация

Количество информации - числовая величина, адекватно характеризующая актуализируемую информацию по разнообразию, сложности, структурированности (упорядоченности), определенности, выбору состояний отображаемой системы.

Если рассматривается некоторая система, которая может принимать одно из n возможных состояний, то актуальной задачей является задача оценки этого выбора, исхода. Такой оценкой может стать мера информации (события).

Мера, как было сказано выше, - непрерывная действительная неотрицательная функция, определенная на множестве событий и являющаяся аддитивной (мера суммы равна сумме мер).

Меры могут быть статические и динамические, в зависимости от того, какую информацию они позволяют оценивать: статическую (не актуализированную; на самом деле оцениваются сообщения без учета ресурсов и формы актуализации) или динамическую (актуализированную т.е. оцениваются также и затраты ресурсов для актуализации информации).

При вероятном подходе информация рассматривается как сообщение об исходе случайных событий, реализации случайных величин и функций, а количество информации ставится в зависимость от априорных вероятностей этих событий, величин, функций.

События можно рассматривать как возможные исходы опыта, причем все исходы составляют ансамбль – исходную группу событий.

Значения измеряемой величины $U_1, U_2, \dots, U_n$

Вероятности $p_1, p_2, \dots, p_n$

$$\sum_{i=1}^N p_i = 1$$

Основная литература: 2[105-111], 3[35-41]

Вопросы

1. Основные меры информации.
2. Статистические меры информации
3. Вероятность и информация

Лекция 4. Информационные потери при передаче сообщений по каналам связи с шумами. Скорость передачи информации и пропускная способность каналов связи Энтропия

Пусть:

1. Отдельные состояния источника информации есть независимые реализации случайной величины U . Ансамбль реализаций случайной величины U описывается плотностью распределения вероятностей $p(u)$.

2. О значениях случайной величины U можно судить по значениям другой случайной величины Z , если мера их различия не превышает заданной точности воспроизведения.

3. Требование к точности задается с использованием критерия $V(Z, U)$:

$$\tilde{V}(ZU) = \iint p(u) p_n(z) (z - u)^2 du dz \leq \varepsilon^2 (4.1)$$

где $p_n(z)$ – условная плотность, распределения- функция правдоподобна тому, что конкретный сигнал u будет.

Воспроизведен как сигнал z , ε - заданное значение точности.

Так как плотность $p(u)$ определена, то для выполнения условия (4.1) варьировать можно только условной плотностью распределения $p_n(z)$.

Если случайная величина Z воспроизводит случайную величину U с некоторой точностью ε , то количество информации, содержащееся в воспроизводящей величине Z относительно U , конечно и определяется

$$I(ZU) = \iint p(u) p_n(z) \log \frac{p_n(z)}{p(z)} \quad (4.2)$$

где $p(z) = \int p(u) p_n(z) du$ - плотность воспроизводящей величины Z .

Желательно обеспечить заданную верность воспроизведения при минимальном количестве получаемой информации. Поэтому среди множества функций, $p_n(z)$, удовлетворяющих условию (4.1), целесообразно выбрать такую, которая обеспечивает наименьшее $I(ZU)$.

Минимальное количество информации в одной случайной величине Z относительно другой U , при котором удовлетворяется заданное требования к точности воспроизведения величины U , называется ε (эпсилон)- энтропией величины U и обозначается $H_n(U)$:

$$H_n(U) = \min_{\{p_n(z)\}} I(ZU)$$

при

$$V(ZU) \leq \varepsilon^2 \quad (4.3)$$

Большая практическая важность этой величины обусловлена тем, что ε (эпсилон)- энтропия есть минимальное количество двоичных цифр, которое нужно передать, чтобы воспроизвести сообщение с заданной верностью (точностью).

Информационные потери при передаче сообщений по каналам связи с шумами.

Среднее количество информации, содержащейся в принятом ансамбле сообщений. В относительно переданного ансамбля сообщений A в условиях помех (или среднее количество информации передаваемого одним символом по каналу с шумом) определяется:

а) с помощью энтропий объединения: $I(A,B)=H(A)+H(B)-H(A,B)$ (4.4)

б) с использованием условной энтропий: $I(A,B)=H(A)-H(A/B)$ (4.5)

Смысл выражений следующий: величина $H(A)$ - это энтропия источника а величина $H(A/B)$ - это среднее количество информации, потерянное в канале из-за ошибок.

$$I(A,B)=I(B,A) \text{ (4.6)}$$

При выполнении удобно пользоваться следующими формулами, выведенными из (4.4)- (4.5):

$$I(A,B)=\sum_i \sum_x p(b_x) p(a_i/b_x) \log_2 \frac{p(a_i/b_x)}{p(a_i)} \text{ (4.7)}$$

Основная литература: 1{75-76}, 2{125-128}, 6{137-139}.

Дополнительная литература: 13{144-147}, 18{42-57}.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность энтрон- энтропий случайной величины.
2. Охарактеризуйте среднеквадратичный критерий верности воспроизведения.
3. Определите среднее количество информации в условиях помех, содержащееся в принятом ансамбле сообщений. В относительно переданного с помощью энтропий объединения.
4. Как определяются информационные потери при передачи сообщений по каналам связи с шумами.

Лекция 5. Понятие сигнала и его модели. Временная форма детерминированных сигналов.

В условиях отсутствия помех скорость передачи информации определяется количеством информации, переносимым символом сообщения в единицу времени равна:

$$C = n * H \text{ (5.1)}$$

n - количество символов, вырабатываемых источником сообщения за единицу времени.

H - энтропия, снимаемая при получении одного символа сообщения.

Техническая скорость передачи:

$$\nu = \frac{1}{\tau} (\text{симв/сек}). (5.2)$$

где τ - время передачи одного символа вторичного алфавита.

Таким образом, для сообщений, составленных из равновероятных взаимно независимых символов равной длительности скорость передачи информации:

$$C = \frac{1}{\tau} \log_2 m \text{ (бит/сек)}$$

В случае неравновероятных символов равной длительности:

$$C = -\frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i \text{ (бит/сек)}$$

Пропускная способность (или емкость канала связи) есть максимальная скорость передачи информации по данному каналу связи:

$$C_{\max} = \frac{H_{\max}}{\tau} \text{ (бит/сек)}$$

Для двоичного кода:

$$C_{\max} = \frac{\log_2 2}{\tau} = \frac{1}{\tau} \text{ (бит/сек)}$$

При наличии помех пропускная способность канала связи вычисляется как произведение количества принятых в секунду знаков n на разность энтропий источника сообщений и условной энтропий источника сообщений относительно принятого сигнала:

$$C_n = n \cdot [H(A) - H(A/B)] \text{ или } C_n = n \cdot [H(B) - H(B/A)]$$

Примеры: Задача

Сообщения передаются в двоичном коде ($m=2$), время передачи $0 \quad t_0 = 1 \text{ сек.}$ длительность импульса, соответствующего 1, $t_1 = 5 \text{ сек.}$ Определить скорость

Передачи информации, если вероятность появления символа 0 $p_0 = 0,37$,

вероятность появления символа 1 $p_1 = 0,63$.

$$\text{Решение: } C = \frac{H_1}{\tau_p} = \frac{-\sum_{i=1}^n P_i \cdot \log P_i}{\sum_{i=1}^n \tau_i \cdot P_i} = \frac{-(0,37 \log 0,37 + 0,63 \log 0,63)}{0,63 \cdot 5 + 0,37 \cdot 1} = 0,27$$

Задача Определить пропускную способность канала связи для двух систем А и В, если из характеристик обеих систем известны только безусловные вероятности появления сигналов на выходе системы А:

$p(a1)=0,1$; $p(a2)=0,4$; $p(a3)=0,5$ и следующая матрица условных вероятностей:

$$p(b/a) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0,25 & 0,75 & 0 \\ 0 & 0,2 & 0,8 \end{vmatrix}$$

Каждый символ сообщений вырабатывается за 0,1 сек.

Решение:

Находим значение вероятности совместимых событий и строим матрицу вероятностей для объединенной системы АВ:

$$p(a1, b1) = p(a1) \cdot p(b1/a1) = 0,1 \cdot 1 = 0,1$$

$$p(a2, b1) = p(a2) \cdot p(b1/a2) = 0,4 \cdot 0,25 = 0,1$$

$$p(a3, b1) = p(a3) \cdot p(b1/a3) = 0,5 \cdot 0 = 0$$

$$p(a1, b2) = p(a1) \cdot p(b2/a1) = 0,1 \cdot 0 = 0$$

$$p(a2, b2) = p(a2) \cdot p(b2/a2) = 0,4 \cdot 0,75 = 0,3$$

$$p(a3, b2) = p(a3) \cdot p(b2/a3) = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1$$

$$p(a1, b3) = p(a1) \cdot p(b3/a1) = 0,1 \cdot 0 = 0$$

$$p(a2, b3) = p(a2) \cdot p(b3/a2) = 0,4 \cdot 0 = 0$$

$$p(a3, b3) = p(a3) \cdot p(b3/a3) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$P(A, B) = \begin{vmatrix} 0,1 & 0 & 0 \\ 0,1 & 0,3 & 0 \\ 0 & 0,1 & 0,4 \end{vmatrix} \begin{matrix} P(a_1) = 0,1 \\ P(a_2) = 0,4 \\ P(a_3) = 0,5 \end{matrix}$$

$$P(b_1) = 0,2; \quad P(b_2) = 0,4; \quad P(b_3) = 0,4$$

Находим условные вероятности вида $p(a/b)$:

$$P(a_1/b_1) = \frac{P(b_1, a_1)}{P(b_1)} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5$$

$$P(a_1/b_2) = \frac{P(b_2, a_1)}{P(b_2)} = \frac{0}{0,4} = 0$$

$$P(a_2/b_1) = \frac{P(b_1, a_2)}{P(b_1)} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5$$

$$P(a_2/b_2) = \frac{P(b_2, a_2)}{P(b_2)} = 0,75$$

$$P(a_2/b_3) = \frac{P(b_3, a_2)}{P(b_3)} = 0$$

$$P(a_3/b_1) = \frac{P(b_1, a_3)}{P(b_1)} = 0$$

$$P(a_3/b_2) = \frac{P(b_2, a_3)}{P(b_2)} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25$$

$$P(a_3/b_3) = \frac{P(b_3, a_3)}{P(b_3)} = \frac{0,4}{0,4} = 1$$

$$P(a/b) = \begin{vmatrix} 0,5 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,75 & 0 \\ 0 & 0,25 & 1 \end{vmatrix}$$

$$H(A) = -(0,1 \cdot \log_2 0,1 + 0,4 \cdot \log_2 0,4 + 0,5 \cdot \log_2 0,5) = 0,332 + 0,528 + 0,5 = 1,36$$

$$H(A/B) = -\sum_i P(b_i) \cdot P(a_i/b_i) \log_2 (a_i/b_i) = -[0,2 \cdot 0,51 \log_2 0,51 + 0,4(0,75 \log_2 0,75 +$$

$$0,25 \log_2 0,75 + 0,25 \log_2 0,25)] = 0,3244 + 0,2 = 0,5244 \text{ бит/символ};$$

$$C_n = 10[H(A) - H(A/B)] = 10(1,36 - 0,524) = 8,3 \text{ бит/сек.}$$

Основная литература: 2{141-147}; 4{33-36}; 6{140-142}; 8{63-79}; 10{18-21}.

Дополнительная литература: 13{139-141}.

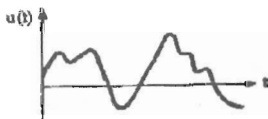
Контрольные вопросы

1. Определите понятие технической скорости передачи.
2. Определите понятие скорости передачи информации.
3. Поясните сущность понятия пропускной способности канала.
4. Запишите выражения для пропускной способности дискретного канала с помехами и без помех.

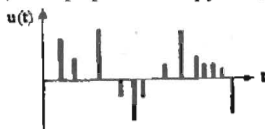
Лекция 6. Формы представления детерминированных сигналов

Детерминированный сигнал может быть представлен

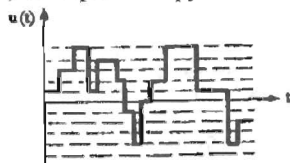
А) непрерывной функцией непрерывного аргумента



Б) непрерывной функцией дискретного аргумента



В) дискретной функцией непрерывного аргумента



Г) дискретной функцией дискретного аргумента



Основной задачей исследования является такое представление сигнала, которое облегчает задачу исследования прохождения сигнала через каналы связи.

Описание сигнала по Дирхле через базисные ортогональные функции:

$$U(t) = \sum_i C_k \Psi_k(t)$$

$$C_k = \int_{t_1}^{t_2} u(t) \Psi_k(t) dt$$

Временная форма представления сигнала

Временным представлением сигнала называется такое разложение сигнала $U(t)$, при котором в качестве базисных функций используются единичные импульсные функции – дельта-функции:

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty, & \text{при } t = \xi_i \\ 0, & \text{при } t \neq \xi_i \end{cases}$$

Значение реального сигнала – время его действия:

$$U(t) = \int_{-\infty}^{\infty} U(\xi) \delta(t - \xi) d\xi$$

Основная литература: 1[51-60], 2[53-59]

Контрольные вопросы.

1. Какие сигналы бывают.
2. Нарисуйте графики сигналов.

Лекция 7. Частотная форма представления детерминированных сигналов.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{b_k}{a_k} \cdot a_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t) \cos(k\omega_1 t) dt, \quad b_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t) \sin(k\omega_1 t) dt.$$

$\underline{A}_k$ комплексная амплитуда гармонической составляющей частоты

$\omega_k = k\omega_1$ связана с коэффициентами a_k и b_k следующим образом:

$$\underline{A}_k = a_k - jb_k.$$

Характерной особенностью спектра периодического сигнала является его прерывность (дискретность). Расстояния между соседними спектральными линиями одинаково и равны частоте основной гармоники.

Непериодический сигнал можно рассматривать как периодический, период изменения которого равен бесконечности. При увеличении периода T интервал между смежными частотами в спектре сигнала и амплитуды спектральных составляющих уменьшаются и в пределах $T \rightarrow \infty$ становятся бесконечно малыми величинами. При этом ряд Фурье, отображающий спектральное разложение периодического сигнала, преобразуется в интеграл Фурье, отображающий спектральное разложение непериодического сигнала:

$$U(t) = \frac{1}{2T} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) \exp\{j\omega t\} d\omega, \text{ где (7.3)}$$

$S(j\omega) = |S(j\omega)| \exp\{j\varphi(\omega)\}$ - спектральная плотность

$|S(j\omega)| = S(\omega)$ - амплитудно – частотная характеристика сигнала

$\varphi(\omega)$ - фазо частотная характеристика сигнала.

Выражение (8) называется формулой обратного преобразования Фурье.

Спектральная плотность связана с временной функцией сигнала через прямое преобразование Фурье:

$$S(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \exp\{-j\omega t\} dt$$

Спектральная плотность однозначно отображает непериодический сигнал и удовлетворяет условиям:

$$1) \lim_{\omega \rightarrow \infty} S(\omega) = 0$$

$\omega \rightarrow \infty$

2) Модуль спектральной плотности является четной, а аргумент- нечетной функцией частоты т.е.

$$S(\omega) = S(-\omega)$$

$$\varphi(\omega) = -\varphi(-\omega)$$

В этом случае в качестве базисных выбраны функции:

$$\psi_k = e^{jk\omega_1 t} \quad (7.1)$$

(такие функции целесообразно выбирать при анализе инвариантных во времени линейных систем). Для периодического сигнала $u(t)$ коэффициенты C_k для базисных функции называются спектром и определяются

$$C_k = A_k = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} u(t) e^{-jk\omega_1 t} dt \quad (7.2)$$

где $k=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$; T -период сигнала, $\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$

Представления периодического сигнала $u(t)$ с помощью базисных функции (7.1) называется разложением в ряд Фурье в комплексной форме и имеет вид:

$$U(t) = \frac{1}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_k e^{jk\omega_1 t}$$

Тригонометрическая форма разложение в ряд Фурье имеет вид:

$$U(t) = \frac{1}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_k \cos(k\omega_1 t - \varphi_k) \text{ или}$$

$$U(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\omega_1 t + b_k \sin k\omega_1 t),$$

где $A_{k \cos(k\omega_1 t - \varphi_k)}$ - k-гармоническая составляющая, $A_k, k\omega_1, \varphi_k$ - амплитуда, частота и начальная фаза k-й гармонической составляющей;

a_0 - постоянная составляющая, выражает среднее значение сигнала за период:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t) dt, a_k = A_k \cos \varphi_k, b_k = A_k \sin \varphi_k, A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2},$$

Основная литература: 2[26-39]; 6[43-47]; 7[21-22]; 11[11-16].

Дополнительная литература 13[20-23].

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность секторного представления сигналов.
2. Назовите преимущества частотного представления сигналов
3. Дайте определение практической ширины спектра.
4. В чем различие спектров периодического и непериодического сигналов
5. Дайте определение практической ширины спектра
6. Как связаны между собой длительность сигнала и ширина его спектра.

Лекция 8. Спектральное представление сигналов.

Непрерывная модуляция

Совокупность гармонических составляющих, образующих сигнал несинусоидальной формы называют спектром этого негармонического сигнала.

Спектр наглядно можно представить в виде спектральной диаграммы – так принято называть графическое изображение коэффициентов Ряда Фурье для конкретного сигнала. Различают амплитудные и фазовые спектральные диаграммы. При этом по горизонтальной оси в некотором масштабе откладывают частоты гармоник, а по вертикальной оси представлены их амплитуды и начальное фазы.

Например, если некоторый периодический несинусоидальный сигнал описываются рядом

$$U(t)=100$$

$\sin(\omega_1 t + 40^\circ) + 50 \sin(2\omega_1 t + 60^\circ) + 25 \sin(3\omega_1 t + 20^\circ)$, то его амплитудную спектральную диаграмму смотри на рисунке 6 а. а частотную- на рисунке 6 б.

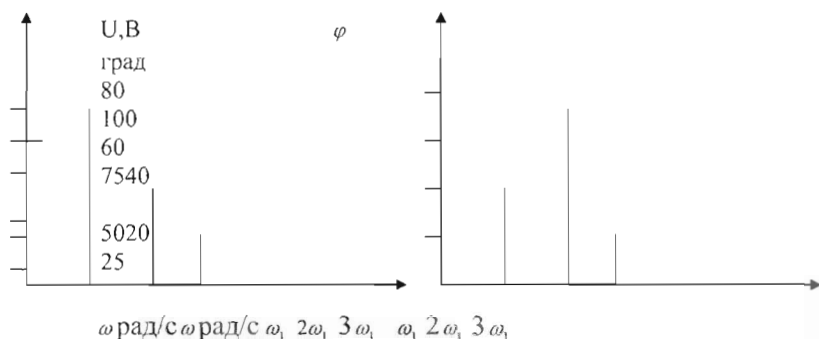


Рисунок 6

Соотношение между длительностью импульсов и шириной их спектров.

Под длительностью импульсов t понимается интервал времени, в котором сосредоточена большая доля (90%) энергии импульса:

$$0.9 \int_{-\infty}^{\infty} U^2(t) dt = \int_{\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} U^2(t) dt \quad (2.12)$$

Под практической шириной спектра понимается область частот, в которой сосредоточена большая доля энергии импульса:

$$0.9 \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} G_v^2(\omega) d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^{\Delta\omega} G_v^2(\omega) d\omega$$

$$\Delta\omega = 2\pi\Delta f \text{ Гц(рад/сек)}$$

База импульса:

$$B = \tau * \Delta f,$$

Где τ - длительность импульса(сек)

Δf - ширина спектра импульса в Гц.

База импульса для каждого импульса постоянная $1.13 \geq B \geq 0.22$.

База характеризует экономичность сигнала, наиболее экономичным с этой точки зрения является колокольный импульс, который требует наименьшей полосы частот $\Delta\omega$ при заданной длительности τ .

При грубых оценках, достаточных для практики, считают

$$\Delta f \approx \frac{1}{\tau}.$$

Свойства спектров сигналов :

1. Спектры сигналов обладают бесконечной протяженностью, имеют тенденцию к затуханию с увеличением частоты.

2. Форма спектра, степень и характер затухания зависит от формы и длительности сигнала.

3. Амплитуда импульса не влияет ширину импульса, а влияет на амплитуду спектра.

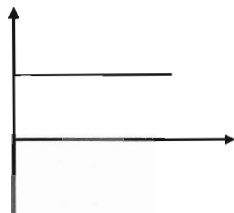
4*. Увеличение длительности сигнала в n раз приводит к сужению его спектра во столько же раз.

Системой связи называют совокупность технических средств и математических методов, предназначенных для обмена сообщения между пунктами. Она включает в себя передатчик П, канал К и приемник Пр.

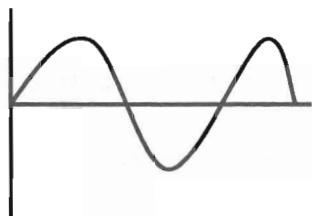
Модуляцией называется изменение параметра переноса в соответствии сигнала. Основные виды сигналов-переносчиков:



А) постоянное напряжение ГРАФИК



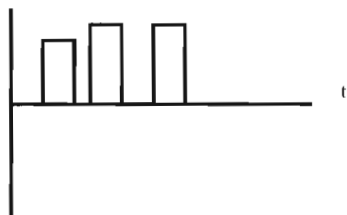
Б) гармоническое колебания(непрерывная модуляция)



В) периодическая последовательность импульса ГРАФИК

$x(t)$

уууу



1. Непрерывная модуляция

При *непрерывной модуляции* переносчиком является гармоническое колебание непрерывной частоты:

$$u = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (8.1)$$

Параметры колебания: амплитуда U_0 , частота ω_0 и фаза φ_0

При амплитудной модуляции (АМ) амплитуда колебания изменяется относительно некоторого значения U_0 в зависимости от сигнала $x(t)$

$$U = U_0 + \Delta U \cdot x(t) \quad (8.2)$$

Где постоянный коэффициент ΔU характеризует влияние сигнала $x(t)$ на амплитуду.

При частотной модуляции (ЧМ) частота колебания изменяется относительно некоторого значения W_0 в зависимости от сигнала $x(t)$

$$w = w_0 + \Delta w \cdot x(t) \quad (8.3)$$

где постоянный коэффициент ΔW характеризует влияние сигнала $x(t)$ на частоту.

При фазовой модуляции (ФМ) фаза колебания изменяется относительно некоторого значения φ_0 в зависимости от сигнала $x(t)$

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta \varphi \cdot x(t) \quad (8.4)$$

где постоянный коэффициент $\Delta \varphi$ характеризует влияние сигнала $x(t)$ на частоту.

Подставляя (8.2) в (8.1) получаем для фазовой модуляции

$$U_{\text{ФМ}} = U_0 \cos (w_0 t + \varphi_0 + \Delta \varphi \cdot x(t)) .$$

Если частотной модуляции подвергается входной синусоидальный сигнал $x(t) = X \cdot \sin \Omega$

то будем иметь

$$U_{\text{ЧМ}} = U_0 \cos (w_0 t - \frac{\Delta w X}{\Omega} \cos \Omega)$$

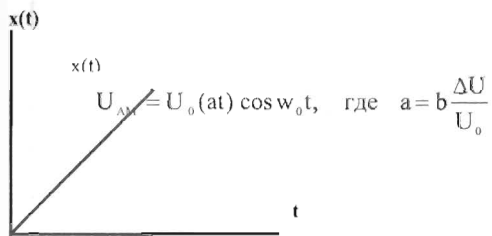
где $\frac{\Delta w}{\Omega}$ - индекс модуляции,

где $\Delta w X$ - девиация частоты.

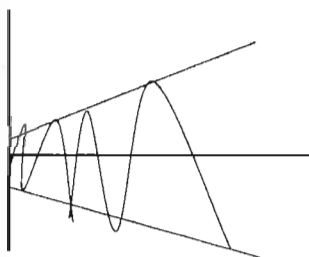
При малом индексе модуляции частот модулированного колебания приблизительно равна удвоенному значению частоты модулирующего колебания. При большом индексе модуляции полоса частот модулированного колебания близка к удвоенному значению девиации частоты.

Пример: $x(t) = bt$

ГРАФИК

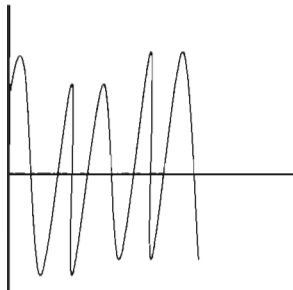


ГРАФИК



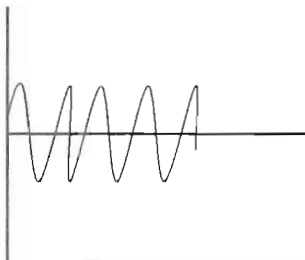
$$U_{\text{ФМ}} = U_0 \cos(\omega_0 + a)t, \quad \text{где } a = \Delta \varphi_0$$

ГРАФИК



$$U_{\text{ЧМ}} = U_0 \cos(\omega_0 + at)t, \quad \text{где } a = \frac{\Delta \omega b}{2}$$

ГРАФИК



Основная литература: 6[75-77]; 7[21-27]; 9[224-244].

Дополнительная литература: 13[61-85]; 16[243-255].

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит назначение и содержание процедур модуляции и демодуляции
2. Запишите выражение на амплитудно-модулированного колебания.
3. Приведите выражение для частотно-модулированного колебания.

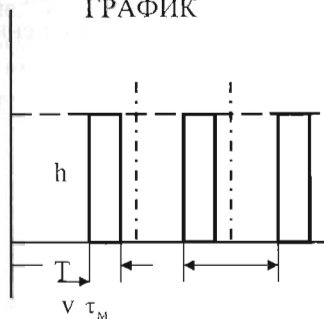
Лекция 9. Импульсная модуляция.

Импульсная модуляция (амплитудно-импульсная, широко-импульсная, частотно-импульсная модуляция). Цифровые методы модуляции (импульсно-кодовая, дифференциальная, дельта-модуляция).

Переносчиком при импульсной модуляции является последовательность импульсов (в идеальном случае прямоугольной формы), имеющих параметры:

- h – уровень,
- τ_m – длительность,
- W – частота,
- V – фаза

ГРАФИК



Последовательность импульсов может быть представлена следующим рядом:

$$u = \sum_{k=0}^w h \delta_{\lambda} \left(1 - k \frac{2\pi}{w} + v\right), \text{ где}$$

$\delta_{\lambda}(t)$ прямоугольная функция, обладающая свойством:

$$\delta_{\lambda}(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } \frac{2k\pi}{w} \leq \frac{2k\pi}{w} + \tau \\ 0, & \text{при } \frac{2k\pi}{w} + \tau \leq \frac{2(k+1)\pi}{w} \end{cases}$$

Изменяя любой из параметров переносчика можно получить 4 вида модуляции:

1. Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ)

$$h = h_0 + \Delta h \cdot x(t)$$

$$\Delta h > \Delta h |x_{\text{имп}}|$$

3. Частотно-импульсная модуляция

$$w = w_0 + \Delta w \cdot x(t)$$

4. Фазово-импульсная модуляция



При частотной модуляции частота сигнала изменяется в общем виде по закону $\omega(t) = \omega_0 [1 + m_0 f(t)]$

Где ω_0 - постоянная составляющая частоты; $m_0 = \delta\omega / \omega_0$ глубина частотной модуляции; $\delta\omega$ - наибольшее изменение частоты при модуляции (девиация частот); $f(t)$ - закон модуляции.

Частотно-модулированный сигнал можно представить в виде

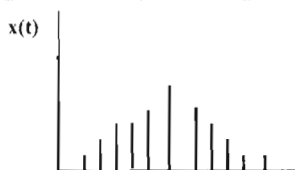
$$x(t) A_0 = \sin \varphi(t) = A_0 \sin \left[\int_0^t \omega(t) dt + \varphi_0 \right] = A_0 \sin[\omega_0 t]$$

где $\varphi(t)$ - текущая фаза гармонического сигнала; φ_0 - начальная фаза сигнала.

В частном случае, когда модуляция частоты осуществляется по гармоническому закону, частотно-модулированный сигнал может написан в виде:

$$x(t) A_0 = \sin \varphi(t) = A_0 \cos \left[\int_0^t \omega(t) dt + \varphi_0 \right] = A_0 \sin(\omega_0 t + \beta \sin \Omega t) =$$

$$A_0 \sin \omega_0 t \cos[\beta \sin \Omega t] + A_0 \cos \omega_0 t \sin[\beta \sin \Omega t]$$



Спектр амплитудно-модулированного по частоте сигнала приведен на рис 2.1. Спектр дискретный, состоит из колебаний с несущей частотой ω_0 и бесконечного количества верхних и нижних боковых составляющих с частотой $\omega_0 + \Omega$ и $k\Omega$.

Распределение амплитудно-гармонических составляющих зависит от индекса частотной модуляции.

При очень малом индексе частотной модуляции ($\beta \geq 0$) спектр частотно-модулированного сигнала практически не отличается от спектра амплитудно-модулированного сигнала, т.е. он состоит всего из трех гармонических составляющих с несущей частотой ω_0 и двух боковых с частотами $\omega_0 - \Omega$ и $\omega_0 + \Omega$. В этом случае полоса протухания канала связи должна быть 2Ω .

С ростом индекса модуляции увеличивается вес боковых составляющих и соответственно требуемая полоса пропускания канала связи. Если ограничиться в спектре только составляющими амплитуда которых составляет не менее 5-10 от амплитуды несущей A_0 до модуляции, то ширина спектра этих составляющих, а

следовательно, и требуемая полоса канала будут составлять $2(\delta\omega + \Omega)$.

$$V = V_0 + \Delta V X(t)$$

Цифровые методы модуляции.

Основаны на 3-х преобразованиях полезных непрерывных сигналов:

- 1) дискретизации;
- 2) кантовании;
- 3) кодировании.

Четвертое преобразование – модуляцию используют при передаче сигналов в многоканальных системах.

Наиболее распространенными цифровыми видами модуляции являются двоичная модуляция, дельта-модуляция и комбинированные виды.

Достоинства цифровых способов передачи информации.

Слабое влияние нестабильности характеристик аппаратуры на качество передачи информации.

1. Высокая настойчивость;
2. Возможность восстановления сигналов в узлах связи сетей.
3. Универсальная форма представления сигналов для различных сообщений: телевизионное изображение, дискретные данные и т.д.
4. Простое согласование этих систем с ЦВМ и электронными автоматическими телевизионными станциями.
5. Возможность автоматической передачи и обработки сигналов с помощью ЦВМ.

Области применения цифровых видов модуляций.

Уплотнение действующих соединительных линий между АТС, построение интегральной связи с электронными АТС, радиорельефных линий связи прямой видимости и дальних линий связи, спутниковые системы связи, телеметрия, временные диаграммы сигналов в системе с ИКМ: (РИСУНОК)

Основная литература : 6[86-95]; 7[27-31]; 9[244-255].

Дополнительная литература: 13[85-91]; 16[240-255].

Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности импульсных видов модуляции.
2. Запишите выражение для широтно-импульсного модулированного колебания.

3. Поясните смысл операции: дискретизация по времени, квантование по уровню.
4. В чем причина высокой помехоустойчивости при цифровых методах модуляции.
5. Назовите области применения цифровых методов модуляции.

Лекция 10. Спектральный анализ модулированных колебаний.

Ширина спектра модулированного сигнала зависит от типа модуляций. В соответствии с этим полезно оценить спектры сигналов, передаваемых с помощью различных типов модуляции, так как шириной спектра определяется потенциальная помехоустойчивость передачи сигнала на физическом уровне.

Рассмотрим спектры периодических сигналов при различных видах непрерывной модуляции.

а) Амплитудной-модулированный гармонический сигнал.

$$X(t) = A(t) \sin(\omega_1 t + \varphi_1)$$

При амплитудной модуляции амплитуда изменяется по определенному закону $A(t) = A_0 + \delta A(t)$

Где A_0 — постоянно составляющая амплитуды; δA — наибольшее изменение амплитуды при модуляции; $f(t)$ — нормированная функция (изменяющаяся в пределах от -1 до +1).

Так как модулируемый параметр сигнала (в данном случае амплитуда) является непосредственным переносчиком информации, то функция $f(t)$ выражает закон изменения во времени передаваемого сообщения.

Амплитудной-модулированный гармонический сигнал как функция времени в общем случае имеет вид

$$X(t) = A_0(1 + v(t) \sin \omega_1 t + \varphi_1) \quad (10.1)$$

где $m_A = \delta A / A_0$ — глубина амплитудной модуляции.

Рассмотрим частный случай, когда функция $v(t)$ изменяется по периодическому закону $v(t) = \cos \Omega t$, причем $\Omega < \omega_1$

$$\begin{aligned} \text{Тогда выражение (10.1) примет вид } X(t) &= A_0[1 + m_A \cos \Omega t] \sin(\omega_1 t + \varphi_0) \\ &= A_0 \sin(\omega_1 t + \varphi_0) + m_A A_0 / 2 \sin(\omega_1 - \Omega)t + \varphi_0 + A_0 m_A / 2 \sin[(\omega_1 + \Omega)t + \varphi_0] \end{aligned} \quad (10.2)$$

Как видно из выражения (10.2), спектр сигнала состоит из трех гармонических составляющих: несущей частотой ω_0 и двух

боковых – нижней с частотой $\omega_0 + \Omega$ (рис 2.9). Ширина спектра сигнала $\Delta\omega = 2\Omega$

Если модуляция гармонического сигнала производится по более сложному закону, причем спектр огибающей амплитуды находится в диапазоне частот от Ω то можно показать, что в спектре амплитудной- модулированного сигнала вместо двух боковых частот будут две боковые полосы частот (рис 2.10). Причем, нижняя боковая полоса частот будет находиться в пределах $\omega_0 + \Omega \dots \omega_0 + \Omega$

Для неискаженной передачи такого сигнала канал связи должен обладать полосой пропускания частот, равной 2Ω т.е. полоса пропускания канала связи должна быть вдвое больше наивысшей частоты спектра модулирующего сигнала.

Для уменьшения полосы частот модулированного сигнала а следовательно и требуемой полосы пропускания канала связи иногда используется так называемая однополосная передача. При такой передаче с помощью фильтров производится подавление несущей частоты из боковых полюс, передача производится в полосе частот $\Omega - \Omega$. Это позволяет более чем в 2 раза сократить требуемую полосу канала связи.

Основная литература: 6[86-95]; 7[27-31]; 9[244-255].

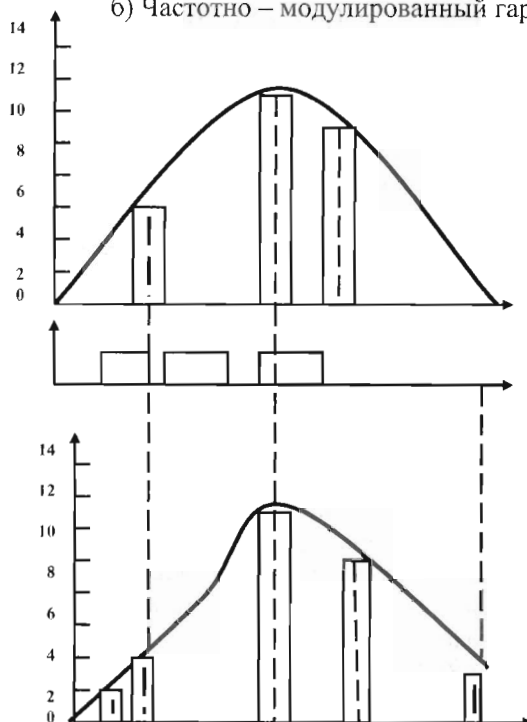
Дополнительная литература 13[85-91]; 16[240-255].

Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности импульсных видов модуляции.
2. Запишите выражение для широтно-импульсного модулированного колебания.
3. Поясните смысл операций: дискретизация по времени, квантование по уровню

В чем причина высокой помехоустойчивости при цифровых методах модуляции.

б) Частотно – модулированный гармонический сигнал.

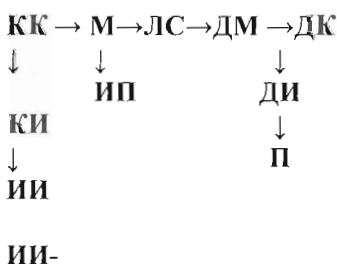


Лекция 11. – 2 часа. Общие понятия теории кодирования.

Под кодированием понимается представление сообщений в форме удобной для передачи по данному каналу.

Декодирование – операция восстановления сообщений по принятому сигналу.

Общая схема передачи информации.



ИИ – источник информации, выдаёт сообщение, состоящее из последовательности букв первичного алфавита.

КИ- кодер источника преобразует эту последовательность в последовательность символов.

Алфавит символов- вторичный алфавит меньше алфавита букв.

Т.о., каждой букве соответствует некоторая последовательность символов, которая называется кодовой комбинацией. Число символов кодовой комбинации называется её значностью.

Цель КИ – обеспечить такое кодирование ,при котором путём устранения избыточности снижается с.р.число символов, требующихся на букву сообщения (такое кодирование наз. Эффективным или оптимальным).

КК – кодер канала обеспечивает заданную достоверность при передаче или хранении информации, путём внесения избыточности (такое Кодр-ие наз. Помехоустойчивым).

М – модулятор;

ЛС- линия связи, в которой на сигнал накладываются помехи ИП

Искажённый сигнал поступает в демодулятор ДМ и преобразуется в символы. Декодер канала ДК и декодер источника ДИ выдают декодированное сообщ. Получателю П.

Кодирование информации при передаче по дискретному каналу без помех.

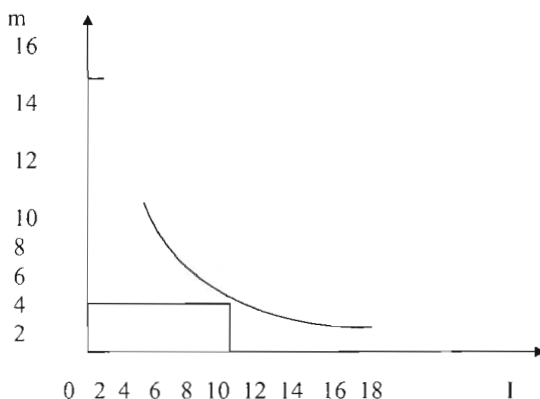
Передача или хранение сообщ. сводится к передаче или хранению чисел. Числа можно выразить в какой-либо системе счисления. Таким образом, будет получен один из кодов, основан. на данной системе счисления.

Для позиционной системы счисления число определ. следующим образом:

$$Q = \sum_{i=1}^l a_i m^{i-1} = a_1 m^{i-1} + a_{l-1} m^{i-2} + \dots + a_2 m^1 + a_1 m^0,$$

Где m – основание системы счисления, i - номер разряда данного числа; l – кол-во разрядов; a – множитель, принимающий любые целочисленные значения в пределах от 0 до $m - 1$ и показывающий, сколько единиц i - го разряда содержится в числе.

Наиболее эффективной системой яв-ся система, обеспечивающая минимум приведения кол-ва различных символов m на кол-во разрядов для выражения любого числа – троичная (Этот минимум виден на графике, где показана связь между величинами m и l при воспроизведении орпд.десятичного большого числа Q).



Приемущ. Двоичной системы : логические элементы должны иметь всего два устойчивых состояния.

Арифметические и логич. действия так же наиболее просто осущ. в двоичной системе:

Правила сложения: правила вычитания: правила умножения:

$1+0=0$	$0-0=0$	$0*0$
$0+1=1$	$1-0=1$	$0*1=0$
$1+0=1$	$1-1=0$	$1*0=0$
$1+1=10$	$10-1=1$	$1*1=1$

Наиболее распространённая при кодировании и декодировании логическая операция – сложение по модулю два. В двоичной системе она также наиболее проста и опр. равенствами:

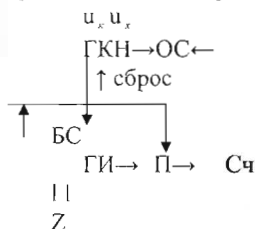
$$0 \oplus 0 = 0 \quad 1 \oplus 1 = 0$$

$$0 \oplus 1 = 1 \quad 1 \oplus 0 = 1$$

Аналого- цифровые преобразователи (А.Ц.П).

Технич. реализация процесса кодирования при непрерывном входном сигнале осуществляется аналого- кодовым преобразователем.

По способу получения цифрового эквивалента всё разнообразие существующих преобразователей может быть разбито на три основные группы: преобразователи последовательного счёта, преобразователей поразрядного уравнивания, преобразователи считывания. Для приёма рассмотрим АЦП с развёртывающим измер. преобразователем (разновидность преобразователей послед. счёта).



ГКН – генератор линейно- изменяющегося компенсирующего напряж. U ;

И- схема совпадения;

ГИ – высокостабильный генератор импульсов;

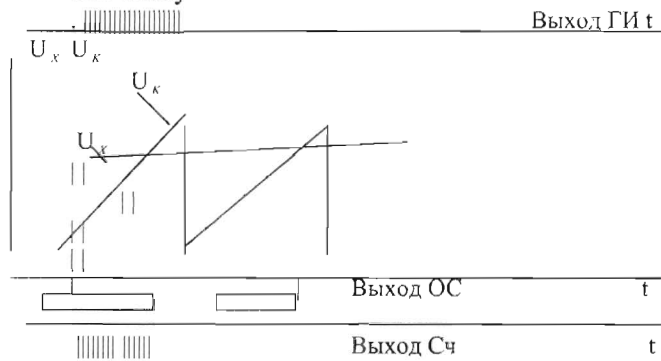
БС – блок синхронизации;

ОС – орган сравнения;

СЧ – счетчик

В начале каждого цикла преобразования генератор ГКН линейно- изменяющ. компенсир. напряж. U .

Одновременно сигнал органа сравнения ОС открывает схему совпадения и импульсы высокостабильного генератора начинают поступать в счётчик СЧ.



Информационная избыточность, общие понятия.

Если энтропия источника сообщений не равна максим. энтропии для алфавита с данным кол-ом качественных признаков то это прежде всего означает, что сообщение данного источника могли бы нести большое кол-во информации.

$$D = H_{\text{макс}} - H = 1 - H$$

Н

где H коэффициент сжатия

Кроме общего понятия избыточности существуют частные виды избыточности

Избыточность обусловленная неравномерным распределением символов в сообщении

$$1) D = 1 - \left[\frac{-\sum P_i \cdot \log_2 P_i}{\log_2 m} \right] \quad 2) \text{ Избыточность вызванная}$$

статистической связью между символами сообщения:

$$D_s = 1 - \left[\frac{-\sum_i \sum_j P(a_i) \cdot P(b_j | a_i) \cdot \log_2 P(b_j | a_i)}{-\sum P \cdot \log_2 P_i} \right]$$

Полная информационная избыточность:

$$D = D_s + D_p - D_s \cdot D_p$$

Примеры

Задача

Сообщения составлены из алфавита a,b,c,d $p(a)=0,2$; $p(b)=0,3$; $p(c)=0,4$; $p(d)=0,1$

Найти избыточность сообщений D.

$$D = 1 - H$$

Н

Для алфавита из четырёх букв макс. Энтропия.

$$H_{\text{макс}} = \log_2 m = \log_2 4 = 2 \text{ бит/символ}$$

Средняя энтропия на символ сообщения:

Н=

$$\sum P_i \log_2 P_i = -(0,2 \cdot \log_2 0,2 + 0,3 \cdot \log_2 0,3 + 0,4 \cdot \log_2 0,4 + 0,1 \cdot \log_2 0,1) = 0,4644 + 0,5211 + 0,5288 + 0,3322 = 1,8465$$

бит/символ.

$$D = \frac{1,8465}{2} = 1 - 0,9232 = 0,07688$$

Методика Шеннона-Фено.

Для случая отсутствия статистической взаимосвязи между буквами конструктивные методы построения эффективных кодов даны впервые Шенноном и Фено. Код Шеннона и Фено строится следующим образом.

$Z: Z_1 Z_2 \dots Z_N$ - буквы

$P: p(Z_1), p(Z_2) \dots p(Z_N)$ - вероятности.

$P(Z_i)$ упорядочиваются по убыванию, множество Z делятся на две группы так что сумма вероятностей в каждой подгруппе были по возможности одинаковы. Всем буквам верхней половины в качестве первого символа приписывается 1, а всем нижним -0. Каждая из полученных групп в свою очередь разбивается на две подгруппы с одинаковыми суммарными вероятностями и т.д. Процесс повторяется до тех пор, пока в каждой подгруппе не останется по одной букве.

Основная литература: 2[162-166, 163-193], 3[23-29], 6[130-135]

Контрольные вопросы

1. В чем преимущества использования двоичных кодов при передаче, хранении и обработке информации.
2. Сформулируйте теорему Шеннона.
3. За счет чего при эффективном кодировании уменьшается средняя длина кодовой комбинации.

Лекция 12. Помехоустойчивое кодирование. Блочные коды.

Помехоустойчивое кодирование базируется на теореме Шеннона 2 (для канала с помехами).

При любой производительности источника сообщений, меньше чем пропускная способность канала, существует такой способ кодирования, который позволяет обеспечить передачу всей информации, создаваемой источником сообщений, со сколь угодно малой вероятностью ошибки.

Это достигается ценой введения при кодировании избыточности, которая позволяет так выбрать передаваемые последовательности символов, чтобы они удовлетворяли дополнительным условиям, проверка которых на приемной стороне дает обнаруживать и справлять ошибки.

У большинства существующих помехоустойчивых кодов указанные условия являются следствием их алгебраической структуры.

Алгебраические коды делятся на два больших класса:

1. блоковые,
2. Непрерывные.

Блоковые коды: каждой букве сообщения сопоставляется блок из n символов.

Блоковый код называют равномерным, если n остается постоянным для всех букв сообщения. Блоковые коды бывают разделимыми и неразделимыми.

Основная литература: 2[197-211], 3[130-133]

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте и поясните основную теорему Шеннона о кодировании для канала с помехами.
2. Что называется кратностью ошибки.
3. Как определяется число информационных разрядов в коррелирующем коде.

Лекция 13. Линейные групповые коды

В Линейные групповые коды.

Линейными называются коды, в которых проверочные символы представляют собой линейные комбинации информационных символов. Для двоичных кодов в качестве линейной операции используют сложение по модулю 2. Последовательность нулей и единиц принадлежащим данному коду, называется кодовым вектором.

Вес кодового вектора равен числу его нулевых компонентов. Свойство группового кода : минимальное кодовое расстояние между кодовыми векторами группового кода равно минимальному весу ненулевых кодовых векторов . Групповые коды задаются порождающей матрицей C .Порождающая матрица может быть представлена двумя матрицами ИиП (информационной и проверочной)

Число столбцов матрицы P равно n_k число столбцов матрицы I равно n_k :

$$C_{n \times n} = \left\| \begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{array} \right\| = \left\| \begin{array}{cccc} p_{11} & a_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & a_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mn} \end{array} \right\| = I \parallel P \parallel \quad (31)$$

В качестве матрицы И удобно брать единичную матрицу в канонической форме:

$$I_{\text{кан}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 \dots & 1 \end{pmatrix}$$

При выборе матрицы П исходят из следующих соображений: чем больше единиц в разрядах проверочной матрицы П тем ближе соответствующий порождающий код к оптимальному, с другой стороны, число единиц в матрице П определяет число сумматоров по модулю 2 в шифраторе и дешифраторе, т. е. чем больше единиц в матрице П, тем сложнее аппаратура. Вес каждой строки матрицы П должен быть

Не менее $W_n = d_0 - W_n$, где W_n – вес соответствующей строки матрицы И.

Если матрица И- единичная, то $W_n = 1$.

При соблюдении перечисленных условий любую порождающую матрицу группового кода можно привести к следующему виду:

$$C_{\text{кан}} = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a & p_1 & p_2 & \dots & p_{(n)} \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1(n)} \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2(n)} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & p_{31} & p_{32} & \dots & p_{3(n)} \end{pmatrix}$$

Называемому канонической формой порождающей матрицы

Пример построения порождающей матрицы

Задача 12

Построить матрицу для группового кода, способного исправлять одиночную ошибку при передаче 16 символов первичного алфавита.

Решение:

Так как число информационных разрядов кода $n_m = 4$

($16 = 2^4$), то число строк образующей матрицы С должно быть равно 4.

Число столбцов матрицы С равно длине кода n : $n = n_m + n_k$, где n_k - число корректирующих разрядов.

Для ходов с $d_0 = 3 (d_0 = 2^c + 1 = 3)$:

$$n_k = \lceil \log 2(n_m + 1) \rceil + \lceil \log 2(n_m + 1) \rceil = \lceil \log 2(5 + 3) \rceil$$

О

тогда:

$$n = n_u + n_k = 4 + 3 = 7$$

Так как для исправления одиночной ошибки $d_0 = 3$, то число столбцов, содержащих

Контрольные разряды, равно 3, учитывая, что вес каждой строки проверочной матрицы H должен быть

$$W_a = d_0 \cdot W_u \quad (33)$$

В качестве строк проверочной матрицы можно взять трехзначные двоичные комбинации с числом единиц, большим или равным $2(d=3)$, а $W_u = 1$, потому что матрицу информационных разрядов лучше брать единичную: 111; 110; 011. Окончательный вид производящей матрицы таков:

$$C1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

или

$$C2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad C3 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

и т.д.

Строки образующей матрицы C представляют собой n , комбинаций искомого кода.

Остальные комбинаций строятся на оснований свойства линейных кодов: сумма кодовых векторов линейного кода дает вектор, принадлежащий данному коду.

Если известна информационная часть кода, то значения проверочных символов определяется по формуле:

$$P_i = \sum_{j=1}^{n_1} p_{ij} a_j = p_{i1} a_1 + p_{i2} a_2 + \dots + p_{in_1} a_{n_1} \quad (34)$$

Примеры нахождения группового кода по заданной производящей (образующей) матрице.

Задача 13

Построить групповой код по заданной производящей матрице

$$C_{7;4} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Решение:

Число строк матрицы $n_n = 4$, следовательно, число возможных информационных комбинаций $N = 2^{n_n} = 2^4 = 16$.

Одна из 16 комбинаций есть 000 0000. Четыре комбинаций кода есть четыре строки образующей матрицы. Все остальные комбинаций есть результат всех вариантов суммирования этих строк. Таким образом, комбинаций корректирующего кода имеет вид:

- 1) 00000005) 00101019) 000101113) 0011110
- 2) 10001116) 1010010 10) 1001100 14) 1011001
- 3) 01001107) 0110011 11) 0101101 15) 0111000
- 4) 11000018) 1110100 12) 1101010 16) 1111111

Задача 14

Пусть информационная часть кода построенного по образующей матрице приведенной в задаче 13, имеет вид 1101. Найти проверочные разряды этого кода

Решение:

Воспользуемся формулой (34). Имеем:

$$P_1 = \sum_{i=1} P_{1i} a_i = 1^*1 + 1^*1 + 0^*0 + 0^*1; \quad P_2 = \sum_{i=1} P_{2i} a_i = 1^*1 + 1^*1 + 0^*0 + 1^*1 \cdot 1;$$

$$P_3 = 1^*1 + 0^*1 + 1^*0 + 1^*1 = 0$$

Окончательный вид: 1101010; (этот код можно получить, суммируя первую, вторую и четвертую строки образующей матрицы).

Поиск ошибок в полученных кодах осуществляется в процессе декодирования с помощью вычисления синдрома, состоящего из проверочного вектора $S1, S2, \dots, S_{n_k}$,

элементы которого находятся из соотношения:

где $p_j (j=1, 2, \dots, n_k)$ и $a_i (i=1, 2, \dots, n_u)$ - значения j - го проверочного и i - го информационного разрядов кода, поступающего в декодер на приемной строке.

Для того чтобы определить по виду скидрома, в каком разряде произошла ошибка,

Строится проверочная матрица H , которой представляет собой транспортированную матрицу P , дополненную единичной матрицей I_{n_k} , число столбцов которой равно числу проверочных разрядов.

$$H = [P^T I_{n_k}]$$

Столбцы такой матрицы представляют собой значения синдрома для разряда соответствующего номеру столбца матрицы H .

Пример определения ошибки в групповом коде

Задача 15

Принятые линейный групповой код с образующей матрицей:

$$C_{7,4} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

И П

имеет вид: 0100110.

Решение:

Находим синдром:

$$S1 = p1 + a2 + a3 + a4 = 1 + 1 + 0 + 0 = 0$$

$$S2 = p2 + a1 + a3 + a4 = 1 + 0 + 0 + 0 = 1$$

$$S3 = p3 + a1 + a2 + a4 = 0 + 0 + 0 + 1 = 1$$

Находим проверочную матрицу H:

a1 a2 a3 a4 p1 p2 p3

$$H = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{matrix} S1 \\ S2 \\ S3 \end{matrix}$$

Синдром 011 показывает, что в первом разряде ошибка, т.е символ следует заменить на обратный.

Лекция 14. Циклическое кодирование

Циклическим называется групповой код, все строки образующей матрицы которого, могут быть получены циклическим сдвигом одной комбинаций, называемой образующей для данного кода.

При описаний циклических кодов удобно любое n- разрядное двоичное число записывать в виде многочлена (n- 1)-й степени.

Например, для комбинаций 10101

$$G(x) = 1 \cdot x^4 + 0 \cdot x^3 + 1 \cdot x^2 + 0 \cdot x^1 + 1 \cdot x^0 = x^4 + x^2 + 1.$$

Это позволяет свести действия над комбинациями к действиям над многочленами. При этом сложение двоичных многочленов сводится к сложению по mod2 коэффициентов при равных степенях переменной x, умножение- к умножению по обычному правилу перемножения степенных функций, (при этом коэффициенты при одинаковых степенях складываются по mod2), а деление- к делению по правилам деления степенных функций (при этом вычитание

заменяется суммированием по mod2). Циклический сдвиг соответствует простому умножению многочлена x .

Идея построения циклических кодов базируются на использовании неприводимых в коде двоичных чисел многочленов $P(x)$.

Неприводимый многочлен не может быть представлен в виде произведения многочленов низших степеней, он делится только на единицу и сам на себя без остатка.

Примеры неприводимых многочленов.

1) $11m=1, x+1 \ P_1(x^1);$

2) $111m=2, x^2+x+1 \ P_2(x^2);$

3) $1011m=3, x^3+x+1 \ P_1(x^3);$

$1101m=3, x^3+x^2+1 \ P_2(x^3);$

4) $10011m=4, x^4+x+1 \ P_1(x^4);$

$11001m=4, x^4+x^3+1 \ P_2(x^4);$

$11111m=4, x^4+x^3+x^2+1 \ P_3(x^4);$

Разрешенные кодовые комбинации циклического кода $F(x)$ могут быть получены двумя способами.

Умножением кодовой комбинации $Q(x)$ простого кода на одночлен x^i и добавлением к этому произведению

Лекция 15. Классификация методов дискретизации.

Критерий оценки точности. Квантование по уровню.

Непрерывные сигналы в системе обобщенных координат X, T , описываются непрерывными функциями $x(t)$. Переход от аналогового представления сигнала к цифровому связан с квантованием (дискретизацией) сигнала $x(t)$ по времени и по уровню.

Применяется при передаче, хранении и обработке информации.

Классификация методов дискретизации.

Классификация методов дискретизации может быть проведена по следующим признакам.

квантование по времени – дискретизация:

- 1) регулярность отсчетов;
- 2) критерий оценки точности дискретизации и восстановления;
- 3) базисные функции;
- 4) принцип приближения;



1) Регулярность отсчётов:

По регулярности отсчётов методы дискретизации делятся на равномерную и неравномерную.

$$\Delta T_i = t_i - t_{i-1} = \rightarrow \text{const} \text{ равномерные;}$$

$$\Delta T_i \Rightarrow \text{var} \text{ неравномерные.}$$

(адаптивные и программируемые).

При адаптивных методах интервал ΔT_i изменяется в зависимости от текущего изменения параметров реализации сигналов. При программируемых методах изменение интервалов ΔT (частота опроса F_0) производится либо операторов на основании анализа поступающей информации, либо в соответствии с заранее установленной программной работой.

Критерий оценки точности

Пусть значение сигнала $x(t)$ а воспроизводящей функции $V(t)$, тогда погрешность $E(t)$ дискретизации или соответственно восстановления:

$$E(t) = x(t) - V(t)$$

Оценка погрешности может производиться как для отдельных, так и для множества реализации сигнала.

Наиболее часто отклонение воспроизводимой функции $V(t)$ от сигнала $x(t)$ на интервале $\Delta T_i = t_i - t_{i-1}$ оценивается следующими критериями.

$$1. \text{ Критерий наибольшего отклонения } \varepsilon_{\max} = \max_{t \in \Delta T_i} |e(t)| = \max_{t \in \Delta T_i} |x(t) - V(t)|$$

$$2. \text{ Среднеквадратический критерий } \varepsilon^2 = \sqrt{\frac{1}{\Delta T_i} \int_{\Delta T_i} e^2(t) dt}$$

3. Интегральный критерий как мера отклонения $x(t)$ от $V(t)$ имеет вид $\bar{\varepsilon} = \int_{\Delta T_i} \varepsilon(t) dt$

4. Вероятностный критерий определяется соотношением

$$p\{\varepsilon(t) \leq \varepsilon_0\} = p_0$$

ε_0 - допустимое значение погрешности;

p_0 - допустимая вероятность того, что погрешность не превышает значение ε_0 .

2) Базисные функции

Формулировка задачи дискретизации следующая: для данной $x(t)$, принадлежащей классу R функций, определённых на отрезке $[a, b]$, найти функцию $r(t)$ или $V(t) \in S$, (где S - некоторый выстроенный класс функций) для которой числа точек разбиения t_i отрезка $[a, b]$ минимально и $\varepsilon(t) \leq \varepsilon_0$, здесь ε_0 - допустимое значение погрешности, $\varepsilon(t)$ - оценка отклонения $x(t)$ от $V(t)$ в соответствии с принятым критерием $P(t)$ - приближенных.

Выбор типа базисных.

Выбор типа базисных функций в основном определяется требованиями ограничения сложности устройств дискретизации и восстановления сигнала. При восстановлении исходного сигнала совокупность выборок $x(t)$ становится в соответствии некоторый многочлен $V(t) = \sum_{i=-j}^n \alpha_i \phi_i(t)$, значения которого в точках отсчёта t_i совпадает со значениями функции $x(t)$.

Воспроизводящие функции $V(t)$ обычно совпадают с приближающими, хотя в общем случае могут и отличаться от них.

Основные типы функций, применяемые в задачах дискретизации: ряд Фурье, ряд Котельникова, полиномы Чебышева, полиномы Лежандра, степенные полиномы, функции Уолта, функции Хаара, гипергеометрические.

4) Принципы приближения.

По принципу приближения можно выделить три группы методов:

- интерполяционные;
- экстраполяционные;
- комбинированные.

Экстраполяционные методы не требуют задержки сигнала при дискретизации т.е. они могут использоваться в управляющих системах, которые работают в реальном времени.

Интерполяционные обеспечивают меньшую избыточность отсчётов по сравнению с экстраполяционными методами, однако требуют задержки сигнала на интервал интерполяции.

При интерполяционно-экстраполяционных методах процедура нахождения приближающих функций отклонения $p(t)$ разбивается на два этапа. На первом этапе методами интерполяции находится приближающая функция отклонения $P(t)$ для начальной части ΔT . На втором этапе найденная функция экстраполируется для значений $t_{i-1} + \Delta T$, и проверяется отклонение сигнала от этой функции.

При выборе шага дискретизации рассматриваются различные модели сигналов и вводятся соответствующие критерии отбора отсчётов.

1. Частотный критерий, при котором интервалы между отсчётами выбираются с учётом частотного спектра дискретизируемого сигнала;

2. Корреляционный критерий отсчётов, устанавливающий связь интервалов между отсчётами и интервалами корреляции сигнала;

3. Квантовый критерий отсчётов, предложенный для детерминированной модели сигнала и устанавливающий зависимость интервалов между отсчётами от значения ступени квантования по уровню и крутизны (первый производной) сигнала.

Выбор частоты отсчётов по теореме Котельникова.

Котельниковым доказана теорема для функции с ограниченным спектром: если непрерывная функция отклонения $x(t)$ удовлетворяет условиям Дирхле (ограничена кусочно-непрерывна и имеет конечное число экстремумов) и её спектр ограничен некоторой частотой f_m , то функция полностью определяется дискретным множеством своих значений, взятый с частотой $F_0 = 2f_m$, где f_m - максимальная частота в спектре $S(j\omega)$ сигнала $x(t)$, т.е. $\Delta T = \frac{1}{2f}$ - интервал дискретизации.

В этом случае, функция $x(t)$ может быть восстановлена без погрешностей по точным значениям выбора $x(t_i)$ в виде

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha(k\Delta T) \frac{\sin \omega_m (t - k\Delta T)}{\omega_m (1 - k\Delta T)}, \quad (*) \text{ где } \omega_m = 2\pi f_m$$

Интерполяционный ряд носит название ряда Котельникова.

Из (*) следует, что функция $x(t)$ состоящая из ограниченного спектра частот, может быть представлена в виде суммы

(бесконечной) каждое слагаемое которой выражается функцией вида

$$z = y(\sin x), \text{ где } y = x(k\Delta T), x = \omega_m(t - k\Delta T) \text{ при } t = k\Delta T, \frac{\sin x}{x} = 1. \text{ Сумма же (*) в}$$

каждом k -ой момент времени определяется только одним ком слагаемым, так как все остальные слагаемые в этот момент времени обращаются в нуль.

Процедура теоретического восстановления конкретной реализации $x(t)$ по её отсчётам сводится к следующему. На передающей стороне в исходной непрерывной функции $x(t)$ через интервалы времени ΔT определяются мгновенные значения $x(t_i)$ и передаются в канал связи в виде δ импульсов с амплитудами A_i и бесконечно малой длительностью τ имеющих площадь $A_i \tau$, равную $x(t_i)$ на приёмной стороне такая последовательность импульсов пропускается через идеальный фильтр нижних частот, у которого частота среза равна f_m .

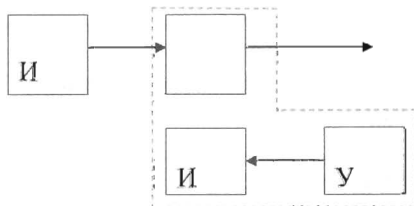
При равномерной дискретизации шаг ΔT и частота счётчиков F_0 являются постоянными величинами. Точки отсчётов t_i в этом случае равномерно размещены по оси t . Устройства с помощью которых проводится дискретизация сигналов называется – дискретизатором.

ГИ – генератор импульсов;

П – преобразователь;

УУ – устройство управления;

ИИ – источник информации.



Генератор импульсов выдаёт на вход прерывателя некоторую последовательность дискретных выборок сигнала $x(t_i)$. Работа генератора импульсов определяется устройством управления.

В случае равномерной дискретизации частота импульсов поступающих от генератора является неизменной.

Реальные сигналы, являющиеся носителями информации, имеют конечную длительность, а значит не ограниченный спектр.

На практике частоту отсчётов часто определяют по формуле:

$$F_0 = k_3 2f_{\max}, \text{ где } k_3 - \text{коэффициент запаса, обычно } 1,5 \leq k \leq 6$$

Квантование по уровню.

Квантование сигнала $x(t)$ по уровню состоит в преобразовании непрерывных значений сигнала $x(t_i)$ в момент отсчёта t_i в дискретные. Квантование по уровню может быть равномерным и неравномерным.

Частота дискретизации (sampling rate) это количество преобразований аналог цифра (выборах) и секунду, выраженное в килогерцах (килогерц – тысяча выборок в секунду).

Наиболее употребительные частоты 11,025; 22,05; и 44,1 кГц в Audio CD используются частота дискретизации 44,1 кГц, что позволяет воспроизводит звуковые частоты до 22,05 кГц (1/2 частоты дискретизации) воспроизведение или запись 16 – разрядного (т.е. двухбайтного) стереозвука с частотой дискретизации 44,1 кГц требует обработки $2 \times 44100 \times 2 = 176200$ байтов в секунду (обратите внимание, что это значение – 176,2 кб/с) превосходит скорость передачи данных у дисководов CD-ROM одинарной скорости 150 кб/с.

Основная литература: 2[63-93]; 8[35-40,44-47]; 9[60-93].

Дополнительная информация: 13[50-58].

Контрольные вопросы:

1. В чём сущность вопросов дискретизации и квантования?
2. Сформулируйте общую постановку задачи дискретизации.
3. Что понимают под среднеквадратическим критерием восстановления сигнала?
4. Сформулируйте теорему Котельникова.
5. Что такое шум квантования?

3.Краткое описание семинарских и практических занятий (планы, задания для проведения семинарских и практических занятий, СРСП, СРС);

Кодирование информации.

Лабораторная работа № 1 Криптографическое кодирование информации.

Задание

1. Познакомиться с методами криптографического кодирования.
2. Согласно индивидуальному заданию составить блок-схему алгоритма шифрования.
3. Реализовать его в виде программы на языке высокого уровня.
4. Рассчитать энтропию текста до и после шифрования.

Основная литература: 10[3-6].

Дополнительная информация: 15[37-80].

Контрольные вопросы:

1. Какие основные методы шифрования с одним ключом вы знаете?
2. Что является ключом в вашем алгоритме?
3. Как изменилась энтропия текста после шифрования?

Информационные системы. Кодирование информации.

Лабораторная работа № 2. Архивация.

Задание

1. Познакомиться с методами архивации.
2. Согласно индивидуальному заданию составить блок-схему алгоритма архивации.
3. Реализовать его в виде программы на языке высокого уровня.
4. Рассчитать энтропию текста до и после сжатия.

Основная литература: 3[75-80].

Дополнительная информация: 18[171-187].

Контрольные вопросы:

1. На чём основано сжатие информации в вашем алгоритме.
2. Как меняется энтропия сжатого текста.
3. Рассчитайте избыточность исходного и сжатого текстов.

Математические модели сигналов.

Лабораторная работа № 3. Сравнительный анализ спектрального разложения при различных видах симметрии сигнала.

Задание 1. Получить спектральное разложение для периодических кривых:

1. Синусоидальной формы;
2. Треугольной формы;
3. Прямоугольной формы.

Выбор кривых и их параметров производить согласно номеру варианта.

Задание 2. Сравнить спектральное разложение для периодических кривых, указанных в № варианта с

- симметричными относительно горизонтальной оси.
- симметричными относительно вертикальной оси.
- симметричными относительно осей координат.

Основная литература: 12[1-13].

Дополнительная информация: 6[78-95].

Контрольные вопросы:

1. Каким образом кривые негармонической формы заменяются совокупностью гармонической формы? Какие принципы при этом должны выполняться?
2. Как рассчитать синусоидальные и косинусоидальные коэффициенты ряда Фурье?
3. Как рассчитать общие коэффициенты и начальные фазы гармонических составляющих несинусоидальных сигналов?
4. Из каких членов состоят ряды сигналов симметрично относительно:
 - а) горизонтальной оси;
 - в) вертикальной оси;
 - с) начало осей координат.

Покажите способы разложения негармонических сигналов в ряд Фурье графоаналитическим способом.

Математические методы сигналов.

Лабораторная работа № 4. Изучение факторов, влияющих на практическую сторону спектра сигнала.

Задание

1. Получить спектры сигналов прямоугольной формы $U - 100$ со скажностями 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 для первых десяти гармоник, регулируя скажность:
 - а) изменяя длительность импульса при постоянном периоде T ;
 - б) изменяя период T при постоянной длительности импульса.
2. Рассчитать коэффициент искажения K
3. Сравнить полученные результаты
4. Сделать выводы.

Основная литература: 12[13-23].

Контрольные вопросы:

1. Как изменяется спектр сигнала прямоугольной формы при
 - а) $T = \text{const}, t_n = \text{var}$;
 - б) $T = \text{var}, t_n = \text{const}$.
2. Какая принципиальная разница между спектром периодических и непериодических сигналов?
3. Как приближенно определить ширину спектра короткого одиночного непериодического сигнала?
4. Как изменяется спектр сигнала прямоугольной формы при
 - а) $T = \text{const}, t_n = \text{var}$;
 - б) $T = \text{var}, t_n = \text{const}$.
5. Какая принципиальная разница между спектром периодических и непериодических сигналов?

Планы заданий на СРСР

1. Основные понятия и определения ИТ.
2. Этапы обращения информации.
3. Виды информационных систем.
4. Основные теории измерения информации.
5. Статистическая мера информации.
6. Свойства энтропии.
7. Энтропия объединения нескольких статистически независимых источников информации.
8. Условия энтропия (частная).
9. Условия энтропия (общая).
10. Количество информации и избыточность.
11. Дифференциальная энтропия.
12. Энтропия случайной величины.
13. Математические модели сигналов.
14. Временная форма представления сигнала.
15. Частотная форма представления сигнала.
16. Соотношения между длительностью импульсов и шириной их спектров.
17. Каналы и системы связи (основные составляющие).
18. Основные понятия и виды модуляции.
19. Непрерывная модуляция. Импульсная модуляция.
20. Цифровые методы модуляции.
21. Спектральный анализ модулированных сигналов.
22. Зависимость ширины спектра сигнала от его скважности на примере последовательности сигналов прямоугольной формы .

23. Техническая скорость передачи информации по дискретному каналу.
24. Информационная скорость передачи по дискретному каналу связи.
25. Согласование физических характеристик сигнала и канала.
26. Согласование статистических свойств канала связи и источника сообщения.
27. Общие понятия теории кодирования.
28. Аналого-цифровые преобразователи.
29. Первая теорема Шеннона.
30. Методы Шеннона и Фэно.
31. Методика Хаффмана.
32. Арифметическое кодирование.
33. LZW -кодирование .
34. Вторая теорема Шеннона (для дискретного канала с шумом).
35. Методы сжатия информации с потерями.
36. Связь практикующей способности кода с кодовым расстоянием (обнаружение ошибок).
37. Связь корректирующей способности кода с кодовым расстоянием (исправление ошибок).
38. Показатели качества корректирующего кода.
39. Построение линейного двоичного группового кода.
40. Производящая матрица для линейных кодов.
41. Свойства линейных кодов.
42. Вычисление синдрома для линейного кода.
43. Обнаружение и исправление ошибок в линейных кодах.
44. Тривиальные систематические коды.
45. Дискретизация сигнала.

План СРСП

№	Тема задания	Содержание задания	Рекомендуемая литература
1.	Скорость передачи информации и пропускная способность каналов связи	1. Решение задач по теме.	1. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. - М.: Высшая школа, 1989. 2. Зюко А.Г. Элементы теории передачи информации. «Техника», 1969 3. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. Учебник для высших учебных заведений. Москва, «Радио и связь», 1991.
2.	Математические модели сигналов	1. Решение задач по теме	1. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. - М.: Высшая школа, 1989.

			2. Зюко А.Г. Элементы теории передачи информации. «Техника», 1969 Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. Учебник для высших учебных заведений. Москва, «Радио и связь», 1991.
3.	Каналы и системы связи	1. Решение задач по теме	1. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. - М.: Высшая школа, 1989. 2. Зюко А.Г. Элементы теории передачи информации. «Техника», 1969 Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. Учебник для высших учебных заведений. Москва, «Радио и связь», 1991.
4.	Кодирование информации	1. Решение задач по теме	2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. - М.: Высшая школа, 1989. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. Учебник для высших учебных заведений. Москва, «Радио и связь», 1991.
5.	Кодирование информации	1. Решение задач по теме	1. Зюко А.Г. Элементы теории передачи информации. «Техника», 1969 Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. Учебник для высших учебных заведений. Москва, «Радио и связь», 1991.

5. Задания для самопроверки и подготовки к экзамену

1 Информационная система как основная часть системы управления

1.1 Основные определения

Задачи теории систем. Краткая историческая справка. Терминология теории систем. Понятие информационной системы. Системный анализ. Качественные и количественные методы описания информационных систем. Кибернетический подход. Динамическое описание информационных систем.

1.2 Методы описания информационных систем

Качественные и количественные методы описания информационных систем. Кибернетический подход. Динамическое описание информационных систем. Каноническое представление информационных систем. Агрегатное описание информационных систем. Операторы входов и выходов. Принципы минимальности информационных связей агрегатов. Агрегат как случайный процесс.

1.3. Анализ и синтез информационных систем

Формализация результатов изучения систем. Выделение функций систем. Методология постановок и алгоритмизация задач на макро- и микро-уровнях. Методы синтеза структур информационных систем. Задача оптимизации структур. Интеллектуализация информационных систем.

2 Информационные процессы - основа информационных систем

2.1 Понятие и структура информационного процесса

Математические модели сигнала. Частотная форма представления детерминированных сигналов. Классификация методов дискретизации. Дискретизация по времени. Выбор точности отсчетов по теореме Котельникова. Квантование по уровню.

2.2 Модели процесса передачи

Измерение информации. Модель непрерывного и дискретного каналов связи. Пропускная способность дискретного и непрерывного каналов связи. Оценка потерь информации. Понятие избыточности информации.

2.3 Рассмотрение информационного процесса на физическом уровне

Назначение и содержание процедур модуляции и демодуляции. Сравнительные характеристики по помехоустойчивости различных видов модуляции. Цифровые методы модуляции. Информационные характеристики сигнала и канала. Согласование физических характеристик сигнала и канала. Согласование статистических свойств источника сообщений и канала связи.

Сети передачи данных. Пропускная способность сети связи. Методы решения задачи статической маршрутизации.

2.4 Рассмотрение информационного процесса на канальном уровне

Общие понятия теории кодирования. Фундаментальные теоремы Шеннона о кодировании. Аналого-кодовые преобразователи. Эффективное кодирование. Методы сжатия информации с потерями, методы сжатия информации без потерь. Криптографическое кодирование. Помехоустойчивое кодирование. Линейные групповые коды. Тривиальные систематические коды. Технические средства кодирования и декодирования для групповых кодов. Циклические коды. Техническая реализация циклических кодов.

6. Перечень основной и дополнительной литературы, в том числе на электронных носителях

Основная учебная литература

1. Акулиничев Ю.П., Дроздова В.И. Сборник задач по теории информации. Изд-во Томского Университета. Томск. 1976.
2. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации. - М.: Высшая школа, 1989.
3. Вернер М. Основы кодирования. М: Техносфера 2004, 288с.
4. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи. М., «Связь», 1972.
5. Зюко А.Г. Элементы теории передачи информации. «Техника», 1969

6. Игнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. Учебник для высших учебных заведений. Москва, «Радио и связь», 1991.
7. Кузьмин И.В., Кедров В.А. Основы теории информации и кодирования. Киев «Вища школа», 1977.
8. Лебедев Д.С. Учебное пособие по курсу «Основы теории информации», Москва, 1966.
9. Темников Ф.Е., Афонин В.А., Дмитриев В.Л. Теоретические основы информационной техники. : « Энергия», 1979.
10. Титова Т.С., Яскевич Т.В. Решение задач по основам информационной технологии». Методические указания для студентов заочного обучения и задания на контрольные работы по дисциплине «Информационная технология» 2002г Алматы, КазНТУ 2004

Дополнительная литература

1. Г.В. Горелов, А.Ф.Фомин и др. Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте.-М.; «Транспорт» 1999г.
2. Петров В.Н. Информационные системы. - Питер СПб 2002, 688с
3. Романец Ю.В., Тимофеев П.А., Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях.
4. Советов Б.Я. Информационная технология: Учебник для вузов по специальности
"Автоматизированные системы обработки информации и управления". 1994
5. Ханенко В.Н. Информационные системы. -Л.: «Машиностроение» 1988.

7. Перечень Интернет-ресурсов

<http://ru.wikipedia.org/>

<http://catalog.iot.ru/>

<http://catalog.ivs.kz>

Глоссарий

Амплитуда - максимальное значение периодически изменяющейся величины.
Амплитудно-частотный спектр – амплитуды и частоты спектральных составляющих сигналов.

Архивация - устранение из сжимаемого текста избыточности.

АЦП – аналого-цифровой преобразователь – преобразует аналоговый сигнал в цифровой.

База импульсов – произведение длительности импульса на ширину спектра.

Базисная функция – основа для представления сложного сигнала совокупностью элементарных.

Бит – единица измерения информации (статистическая мера) при основании логарифма 2.

Вес кодовой комбинации- число нулевых символов в ней.

Глубина частотной модуляции- отношение наибольшего изменения частоты при модуляции к постоянной составляющей частоты.

Демодулятор- устройство для выполнения обратных операций восстановления величин, вызвавших изменения параметров при модуляции.

Демодулятор- устройство, которое выделяет переданный сигнал (оглашающую) из модулированного сигнала.

Дискретизация- преобразование функции непрерывного времени в функцию дискретного времени, представляемую совокупностью величин, называемых координатами по значению которых исходная функция может быть восстановлена с заданной точностью.

Дит- единица измерения информации (статическая мера) при основании 10.

Значность- число символов в кодовой комбинации.

Индекс частотной модуляции- отношение девиации частоты к частоте модулирующего сигнала.

Информационная избыточность- разница между энтропией и максимальной энтропией.

Информационные разделы – $n(m)$ разряды, с помощью которых передается информация ($nm = \log N$).

Информационные системы- системы передачи, хранения и обработки информации.

Информация- совокупность сведений каких-либо событиях, явлениях, предметах.

Квантование- преобразование некоторой величины с непрерывной шкалой значения в величину, имеющую дискретную шкалу значений. Она сводится к замене любого мгновенного значения одним из конечного множества разрешаемых значений, называемых уровнями квантования.

Кодирование в узком смысле – преобразование исходного алфавита в другой, с меньшим числом знаков. Так как алфавит символов меньше алфавита знаков, то каждому знаку соответствует некоторая последовательность символов, которую называют КОДОВОЙ КОМБИНАЦИЕЙ.

Кодирование в широком смысле- представление сообщений в форме, удобной для печати по данному каналу.

Коэффициент относительной эффективности- отношение энергии к средней длине кода (показывает) насколько используется избыточность передаваемого сообщения

Коэффициент статистического сжатия – отношение максимальной энтропии к средней длине кода (характеризует уменьшение количества двоичных знаков на символ сообщения при применении ОНК по сравнению с применением методов нестатистического кодирования).

Кратность ошибки- количество искаженных символов в кодовой комбинации.

Линия связи- любая физическая среда (воздух, металл и т. д.) обеспечивающих поступление сигналов от передающего устройства к приемнику.

Минимальное кодовое расстояние- минимальное расстояние, взятое по всем параметрам кодовых комбинаций кода.

Модуляция- воздействие на некоторый параметр переносчика с целью передачи управляющего сигнала по данному каналу.

Нат- единица информации(статическая мера) при основании логарифма $=e$.

Несущая частота- частота переносчика.

Объём канала- произведение времени, в течение которого он предоставляется для передачи сигнала на ширину полосы пропускания сигнала и на допустимое превышение сигнала над помехой.

Объём сигнала- произведение длительности сигнала на ширину сектора и на превышение над помехой.

Полная информационная избыточность- выражается через составляющие избыточности, связанные с : а) неравномерным распределением символов с сообщением; б) статической связью между символами сообщения.

Практическая ширина спектра- область частот, в которой сосредоточена большая доля энергии импульса.

Превышение над помехой- $N = \lg(P/P_0)$, где P - средняя мощность передаваемого сигнала, P_0 - средняя мощность помехи в канале.

Пропускная способность канала - максимальная скорость передачи информации по данному каналу связи.

Семантическая мера- учитывается целесообразность, ценность полученной информации.

Сигнал- физический процесс, отражающий передаваемое сообщение.

Символ- при большом объеме алфавита часто прибегает к предоставлению букв в другом алфавите с меньшим числом букв, которые называются символами.

Синдром- проверочный вектор.

Спектр- ряд гармонических сигналов с такими амплитудами, частотами и начальными фазами, алгебраическая сумма ординат которых в любой момент = ординате исходного синусоидального сигнала.

Статистическая мера информации- оперирует понятием энтропия.

Стационарность процесса- его существование и статистическая однородность во всём диапазоне от $-\infty$ до $+\infty$.

Структурная мера информации- использует простой подсчёт информационных элементов.

Ширина спектра сигнала- область частот, в которой сосредоточена большая доля энергии импульса.

Энергия- статистическая мера информации.

Энтропия-интропия- минимальное кол-во информации в одной случайной величине Z относительно другой V , при котором удовлетворяем заданное требование к верности воспроизведения величины V .

Эргодический процесс- процесс, для которого каждая реализация достаточной продолжительности несёт практический полную информацию о свойствах всего ансамбля реализаций.