

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

С. С. Владимиров

ТЕЛЕМАТИЧЕСКИЕ СЛУЖБЫ

Практикум

СПб ГУТ)))

**Санкт-Петербург
2018**

УДК XXX.XXX.X (XXX)
ББК XX.XX хХХ
Х ХХ

Рецензент
— —;

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом СПбГУТ

Владимиров, С. С.

Х ХХ Телематические службы : практикум / С. С. Владимирова ; СПбГУТ. — СПб, 2018. — 29 с.

Учебное пособие призвано ознакомить студентов старших курсов с телематическими службами и документальной электросвязью. Представленный материал служит справочным и методическим пособием при выполнении курса практических работ по дисциплинам «Телематические службы» и «Системы документальной электросвязи».

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и 09.03.04 «Программная инженерия».

**УДК XXX.XXX.X (XXX)
ББК XX.XX хХХ**

- © Владимирова С. С., 2018
- © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2018

Содержание

Практическая работа 1. Изучение алгоритма сжатия Хаффмана	4
1.1. Цель работы	4
1.2. Теоретические сведения	4
1.3. Порядок выполнения задания	8
1.4. Контрольные вопросы	8
Практическая работа 2. Определение пропускной способности канала	9
2.1. Задание	9
2.2. Теоретические сведения	9
2.3. Порядок выполнения задания	12
2.4. Контрольные вопросы	13
Практическая работа 3. Расчет емкости модемного пула	14
3.1. Задание	14
3.2. Теоретические сведения	14
3.3. Варианты задания	16
3.4. Контрольные вопросы	17
Практическая работа 4. Оценка требуемой пропускной способности канала на примере услуги IP-телефонии	18
4.1. Цель работы	18
4.2. Теоретические сведения	18
4.3. Порядок выполнения задания	21
4.4. Контрольные вопросы	21
Практическая работа 5. Оценка гарантированной скорости доступа по выделенной линии	22
5.1. Цель работы	22
5.2. Теоретические сведения	22
5.3. Порядок выполнения задания	27
5.4. Контрольные вопросы	28

Практическая работа 1

Изучение алгоритма сжатия Хаффмана

1.1. Цель работы

Изучить алгоритм оптимального префиксного кодирования Хаффмана и его использование для сжатия сообщений.

1.2. Теоретические сведения

Алгоритм Хаффмана — адаптивный жадный алгоритм оптимального префиксного кодирования алфавита с минимальной избыточностью. Был разработан в 1952 году аспирантом Массачусетского технологического института Дэвидом Хаффманом.

Сжатие данных по Хаффману применяется при сжатии фото- и видеоизображений (JPEG, стандарты сжатия MPEG), в архиваторах (PKZIP, LZH и др.), в протоколах передачи данных MNP5 и MNP7.

Жадный алгоритм (Greedy algorithm) — алгоритм, заключающийся в принятии локально оптимальных решений на каждом этапе, допуская, что конечное решение также окажется оптимальным.

Идея алгоритма Хаффмана состоит в следующем: зная вероятности символов в сообщении, можно описать процедуру построения кодов переменной длины, состоящих из целого количества битов. Символам с большей вероятностью ставятся в соответствие более короткие коды. Коды Хаффмана обладают свойством префиксности (то есть ни одно кодовое слово не является префиксом другого), что позволяет однозначно их декодировать.

Этот метод кодирования состоит из двух основных этапов:

1. Построение оптимального кодового дерева.
2. Построение отображения код-символ на основе построенного дерева.

Классический алгоритм Хаффмана на входе получает таблицу частот встречаемости символов в сообщении. Далее на основании этой таблицы строится дерево кодирования Хаффмана (H-дерево).

1. Символы входного алфавита образуют список свободных узлов. Каждый лист имеет вес, который может быть равен либо вероятности, либо количеству вхождений символа в сжимаемое сообщение.
2. Выбираются два свободных узла дерева с наименьшими весами.
3. Создается их родитель с весом, равным их суммарному весу.
4. Родитель добавляется в список свободных узлов, а два его потомка удаляются из этого списка.

5. Одной дуге, выходящей из родителя, ставится в соответствие бит 1, другой — бит 0.

6. Шаги, начиная со второго, повторяются до тех пор, пока в списке свободных узлов не останется только один свободный узел. Он и будет считаться корнем дерева.

Для примера рассмотрим кодирование фразы

пупкин василий кириллович

Можно видеть, что фраза состоит из $L = 25$ символов.

Первоначально необходимо сформировать алфавит фразы и построить таблицу количества вхождений и вероятности символов. Она представлена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Алфавит фразы и вероятности символов

Алфавит	п	у	к	и	н	« »	в
Кол. вх.	2	1	2	6	1	2	2
Вероятн.	0.08	0.04	0.08	0.24	0.04	0.08	0.08
Алфавит	а	с	л	й	р	о	ч
Кол. вх.	1	1	3	1	1	1	1
Вероятн.	0.04	0.04	0.12	0.04	0.04	0.04	0.04

Алфавит составляют $N_A = 14$ символов, включая знак пробела (« »).

Далее сортируем алфавит в порядке убывания вероятности появления символов (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Алфавит фразы, отсортированный по вероятности (количеству вхождений)

Алфавит	и	л	п	к	« »	в	у
Кол. вх.	6	3	2	2	2	2	1
Вероятн.	0.24	0.12	0.08	0.08	0.08	0.08	0.04
Алфавит	н	а	с	й	р	о	ч
Кол. вх.	1	1	1	1	1	1	1
Вероятн.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

Последовательно строим дерево кодирования, начиная с символов с наименьшими весами (вероятностями), пока не достигнем корня, который будет иметь вес равный 1 (по вероятности). Построение дерева показано на рис. 1.1.

Для удобства перерисуем построенное дерево, упорядочив его слева направо, начиная с корня. Каждой ветви дерева присвоим свой код. При этом, ветвь, идущая выше, будет иметь код «0», а ветвь, идущая ниже — «1». Упорядоченное дерево показано на рис. 1.2.

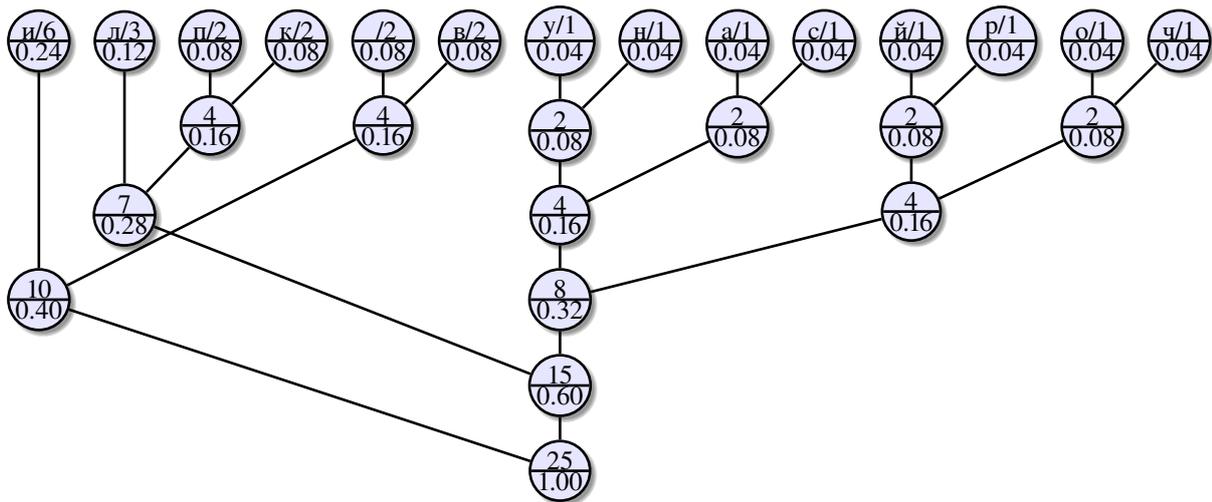


Рис. 1.1. Дерево кодирования Хаффмана

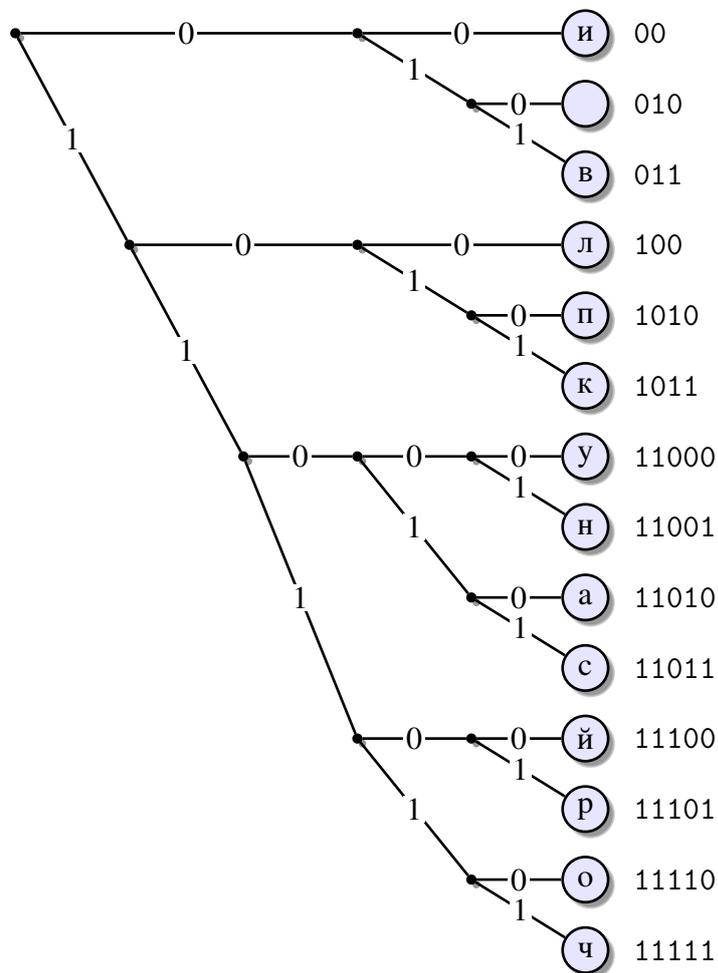


Рис. 1.2. Упорядоченное дерево кодирования Хаффмана

В итоге получается, что символам с большей вероятностью появления соответствуют более короткие коды.

Теперь можно закодировать исходную строку. Она будет иметь вид:

п	у	п	к	и	н	«	»	в	а	с	и	л	и	й
1010	11000	1010	1011	00	11001	010	011	11010	11011	00	100	00	11100	
«	к	и	р	и	л	л	о	в	и	ч				
010	1011	00	11101	00	100	100	11110	011	00	11111				

Для декодирования кодовой строки достаточно идти по упорядоченному дереву на рис. 1.2, до получения символа. Затем производится возврат к корню и определяется следующий символ.

Рассчитаем коэффициент сжатия относительно использования кодировки ASCII (8 бит/символ).

$$L_{ASCII} = 8 \cdot 25 = 200 \text{ бит.}$$

$$L_{Huff} = 6 \cdot 2 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2 \cdot 3 + 2 \cdot 2 \cdot 4 + 8 \cdot 5 = 89 \text{ бит.}$$

Следовательно, коэффициент сжатия будет равен

$$K_{сж} = \frac{L_{ASCII}}{L_{Huff}} \approx 2.247$$

Коэффициент сжатия относительно равномерного кода (4 бит/символ, т. к. у нас всего 14 символов в алфавите) будет равен

$$K_{сж} = \frac{4 \cdot 25}{L_{Huff}} = \frac{100}{89} \approx 1.124$$

Рассчитаем среднюю длину полученного кода по формуле

$$l_{cp} = \sum_s p_s \cdot l_s,$$

где s — множество символов алфавита; p_s — вероятность появления символа; l_s — количество бит в коде символа.

Для полученного кода средняя длина будет равна

$$l_{cp} = 0.24 \cdot 2 + 0.12 \cdot 3 + 2 \cdot 0.08 \cdot 3 + 2 \cdot 0.08 \cdot 4 + 8 \cdot 0.04 \cdot 5 = 2.36 \text{ бит/символ.}$$

Поскольку при построении дерева кода Хаффмана может возникнуть некоторый произвол, для выбора оптимального варианта кода используют дисперсию. Дисперсия показывает насколько сильно отклоняются длины индивидуальных кодов от их средней величины. Лучшим будет код с наименьшей дисперсией.

Дисперсия рассчитывается по формуле

$$\delta = \sum_s p_s (l_s - l_{cp})^2.$$

Для полученного кода дисперсия будет равна

$$\delta = 0.24 \cdot (2 - 2.36)^2 + 0.12 \cdot (3 - 2.36)^2 + 2 \cdot 0.08 \cdot (3 - 2.36)^2 + 2 \cdot 0.08 \cdot (4 - 2.36)^2 + 8 \cdot 0.04 \cdot (5 - 2.36)^2 = 1.1337$$

Для уменьшения дисперсии кода существует правило: *когда на дереве имеется более двух узлов с наименьшей вероятностью, следует объединять символы с наибольшей и наименьшей вероятностью; это сокращает общую дисперсию кода.*

1.3. Порядок выполнения задания

1. В качестве исходной строки текста выбрать «Фамилия Имя Отчество» студента.
2. Сформировать алфавит фразы, посчитать количество вхождений символов и их вероятности появления (см. табл. 1.1).
3. Отсортировать алфавит в порядке убывания вероятности появления символов (табл. 1.2).
4. Построить дерево кодирования (см. рис. 1.1).
5. Упорядочить построенное дерево слева-направо (при необходимости). Присвоить ветвям коды. Определить коды символов (см. рис. 1.2).
6. Закодировать исходную строку.
7. Рассчитать коэффициенты сжатия относительно кодировки ASCII и относительно равномерного кода.
8. Рассчитать среднюю длину полученного кода и его дисперсию.

1.4. Контрольные вопросы

1. Порядок работы алгоритма Хаффмана.
2. Построение оптимального кодового дерева.
3. Средняя длина кода и ее расчет.
4. Дисперсия кода и ее расчет.

Практическая работа 2

Определение пропускной способности канала

2.1. Задание

Получить представление о теореме Шеннона. Научиться определять пропускную способность канала в зависимости от полосы частот и отношения сигнал-шум. Научиться оценивать изменение отношения сигнал-шум при изменении полосы частот.

2.2. Теоретические сведения

Зависимость пропускной способности канала C (скорости передачи данных), обладающего определенной полосой пропускания B , от отношения мощности сигнала к мощности шума SNR исследовал американский инженер и математик Клод Шеннон.

Теорема Шеннона для канала с шумами связывает пропускную способность канала передачи информации и существование кода, который возможно использовать для передачи информации по каналу с ошибкой, стремящейся к нулю (при увеличении длины блока). Прямая теорема гласит, что если скорость передачи сообщений меньше пропускной способности канала связи, то существуют коды и методы декодирования такие, что средняя и максимальная вероятности ошибки декодирования стремятся к нулю, когда длина блока стремится к бесконечности. То есть для канала с помехами всегда можно найти такую систему кодирования, при которой сообщения будут переданы со сколь угодно большой степенью верности, если только производительность источника не превышает пропускной способности канала.

Максимальная скорость передачи, для которой имеется возможность исправить ошибки в канале с заданным отношением сигнал/шум получила название *границы Шеннона* (Shannon limit).

Отношение сигнал/шум (ОСШ; signal-to-noise ratio; SNR) — безразмерная величина, равная отношению мощности полезного сигнала к мощности шума.

$$SNR = \frac{P_c}{P_{ш}} = \left(\frac{A_c}{A_{ш}} \right)^2, \quad (2.1)$$

где P — средняя мощность, а A — среднеквадратичное значение амплитуды. И сигнал, и шум измеряются в полосе пропускания системы.

Обычно отношение сигнал/шум выражается в децибелах (дБ). Чем больше это отношение, тем меньше шум влияет на характеристики системы.

$$SNR_{[dB]} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_c}{P_{ш}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{A_c}{A_{ш}} \right). \quad (2.2)$$

В теории информации чаще всего применяется так называемая *теорема Шеннона-Хартли*, которая описывает вариант применения теоремы Шеннона для канала с шумами в случае модели непрерывного аналогового канала с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ). Теорема представлена в виде формулы (2.3).

$$C = B \cdot \log_2(1 + SNR). \quad (2.3)$$

С учетом правил логарифмирования, для $SNR \gg 1$, формула (2.3) может быть упрощена.

$$C \approx 0,3 \cdot B \cdot 10 \log_{10}(SNR). \quad (2.4)$$

Из вида теоремы Шеннона-Хартли следует, что теоретически при нулевом уровне шума можно получить сколь угодно высокую скорость передачи при сколь угодно низкой полосе пропускания канала. На практике это, конечно же, невозможно.

Аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ) — вид мешающего воздействия в канале передачи информации. Характеризуется равномерной спектральной плотностью, нормально распределённым значением амплитуды и аддитивным способом воздействия на сигнал (т. е. шум суммируется с полезным сигналом). Наиболее распространённый вид шума, используемый для расчёта и моделирования систем радиосвязи. В природе и технике белый шум, имеющий одинаковую спектральную мощность на всех частотах, не встречается (ввиду того, что такой сигнал имел бы бесконечную мощность), однако под категорию белых шумов попадают любые шумы, спектральная плотность которых одинакова (или слабо отличается) в рассматриваемом диапазоне частот.

Мощность шума в канале АБГШ можно рассчитать по формуле (2.5).

$$P_{\text{ш АБГШ}} = N_0 \cdot B, \quad (2.5)$$

где N_0 — спектральная плотность мощности АБГШ в полосе 1 Гц (измеряется в Вт/Гц); B — полоса пропускания канала, Гц. Соответственно, чем шире полоса пропускания в канале с АБГШ, тем выше мощность шума, тем меньше отношение сигнал/шум при неизменной мощности сигнала.

Из формул (2.5) и (2.2) можно вывести зависимость изменения отношения сигнал/шум (в децибеллах) от изменения полосы пропускания. Пусть B_1 — начальная полоса пропускания, а B_2 — увеличенная полоса пропускания, тогда изменение отношения сигнал/шум от изменения полосы пропус-

ния будет представлено формулой (2.6).

$$\begin{aligned}\Delta SNR_{[dB]} &= 10\log_{10}\left(\frac{P_c}{P_{ш1}}\right) - 10\log_{10}\left(\frac{P_c}{P_{ш2}}\right) = 10\log_{10}\left(\frac{\frac{P_c}{P_{ш1}}}{\frac{P_c}{P_{ш2}}}\right) = \\ &= 10\log_{10}\left(\frac{P_{ш2}}{P_{ш1}}\right) = 10\log_{10}\left(\frac{N_0 \cdot B_2}{N_0 \cdot B_1}\right) = 10\log_{10}\left(\frac{B_2}{B_1}\right).\end{aligned}\quad (2.6)$$

Для примера определим пропускную способность телефонного канала 0,3–3,4 кГц при отношении сигнал/шум $SNR_{[dB]} = 30$ дБ. Будем считать, что шумы в канале являются шумами АБГШ. Полоса пропускания B равна

$$B = 3,4 - 0,3 = 3,1 \text{ кГц.}$$

Абсолютная величина отношения сигнал/шум, исходя из формул (2.1) и (2.2), будет равна

$$SNR = 10^3 = 1000.$$

Следовательно, согласно формуле (2.4), предельная пропускная способность канала будет равна

$$C = 0,3 \cdot 3,1 \cdot 10\log_{10}(1000) = 27,9 \text{ кбит/с.}$$

Более точно предельную пропускную способность можно рассчитать по формуле (2.3).

$$C = 3,1 \cdot \log_2(1 + 1000) \approx 30,9 \text{ кбит/с.}$$

Рассмотрим, что произойдет при увеличении верхней границы полосы пропускания до 10 кГц. Ширина полосы пропускания в этом случае будет равна

$$B_2 = 10 - 0,3 = 9,7 \text{ кГц.}$$

Изменение отношения сигнал/шум согласно формуле (2.6) будет равно

$$\Delta SNR_{[dB]} = 10\log_{10}\left(\frac{9,7}{3,1}\right) \approx 5 \text{ дБ.}$$

Соответственно, отношение сигнал/шум будет равно

$$SNR_{[dB]2} = 30 - 5 = 25 \text{ дБ,}$$

А в абсолютном значении

$$SNR_2 = 10^{2,5}.$$

Согласно формуле (2.4), предельная пропускная способность канала будет равна

$$C = 0,3 \cdot 9,7 \cdot 10\log_{10}\left(10^{2,5}\right) = 72,75 \text{ кбит/с.}$$

Более точно предельную пропускную способность рассчитаем по формуле (2.3).

$$C = 9,7 \cdot \log_2\left(1 + 10^{2,5}\right) \approx 80,6 \text{ кбит/с.}$$

Список использованных источников

1. Семенов Ю. А. «Передача сигналов по линиям связи». Материал с сайта <http://book.iter.ru/>.
2. С. В. Мелихов, В. А. Кологривов «Взаимосвязь качественных характеристик для различных видов цифровой манипуляции». Доклады ТУСУРа. № 6. Декабрь 2006.
3. «Аддитивный белый гауссовский шум». Материал с сайта <https://ru.wikipedia.org/>.
4. «Белый шум». Материал с сайта <https://ru.wikipedia.org/>.
5. Песков С. Н., Таценко В. Г., Шишов А. К. «Расчет шумов реверсного канала». Материал с сайта <http://www.telesputnik.ru/>.
6. «Теоремы Шеннона для канала с шумами». Материал с сайта <https://ru.wikipedia.org/>.
7. «Теорема Шеннона-Хартли». Материал с сайта <https://ru.wikipedia.org/>.

2.3. Порядок выполнения задания

1. Выбрать из табл. 2.1 согласно своему номеру варианта исходные данные для расчета.

Таблица 2.1

Варианты задания (указаны согласно номеру студента в журнале)

№ вар.	Границы полосы пропускания $B_{\text{ниж}}$	$B_{\text{верх}}$	$SNR_{[dB]}$ дБ	$B_2^{\text{верх}}$
1	9,4 кГц	32,8 кГц	38	62,6 кГц
2	2,5 МГц	37,7 МГц	31	65,9 МГц
3	0,6 кГц	37,5 кГц	40	61,4 кГц
4	9,8 МГц	22,1 МГц	35	68,1 МГц
5	9,1 кГц	24,1 кГц	33	59,5 кГц
6	3,5 МГц	24,7 МГц	38	62,6 МГц
7	3,3 кГц	38,5 кГц	39	68,5 кГц
8	8,2 МГц	21,8 МГц	36	61,3 МГц
9	7,6 кГц	39,9 кГц	35	69,3 кГц
10	1,9 МГц	22,5 МГц	39	63,5 МГц
11	8,3 кГц	28,5 кГц	32	67,6 кГц
12	1,6 МГц	33,5 МГц	38	69,5 МГц
13	9,7 кГц	35,9 кГц	32	64,6 кГц
14	6,2 МГц	31,5 МГц	36	67,3 МГц
15	4,6 кГц	25,9 кГц	40	64,8 кГц
16	8,1 МГц	37,5 МГц	34	59,6 МГц
17	2,9 кГц	28,8 кГц	31	62,2 кГц
18	6,3 МГц	21,6 МГц	35	67,4 МГц
19	3,4 кГц	34,8 кГц	38	59,6 кГц
20	9,8 МГц	28,8 МГц	37	69,4 МГц
21	6,8 кГц	27,1 кГц	33	59,2 кГц
22	9,3 МГц	35,2 МГц	33	69,3 МГц

Варианты задания 1 (указаны согласно номеру студента в журнале)

№ вар.	Границы полосы пропускания $B^{\text{ниж}}$	$B^{\text{верх}}$	$SNR_{[дБ]}$ дБ	$B_2^{\text{верх}}$
23	9,7 кГц	29,4 кГц	32	66,8 кГц
24	0,4 МГц	31,2 МГц	31	61,7 МГц
25	1,6 кГц	39,6 кГц	34	64,4 кГц
26	2,8 МГц	37,4 МГц	36	62,1 МГц
27	0,4 кГц	32,4 кГц	37	65,9 кГц
28	5,8 МГц	25,1 МГц	37	62,6 МГц
29	8,2 кГц	23,3 кГц	32	59,5 кГц
30	4,1 МГц	33,5 МГц	38	62,9 МГц

2. Рассчитать предельную пропускную способность заданного канала вначале по приближенной формуле (2.4), затем по точной формуле (2.3).

3. Определить, каким должно быть отношение сигнал/шум в децибеллах, для того, чтобы пропускная способность канала была равна половине от расчетной.

4. Рассчитать предельную пропускную способность при увеличении верхней границы полосы частот до $B_2^{\text{верх}}$.

5. Для увеличенной полосы частот определить, каким должно быть отношение сигнал/шум в децибеллах, для того, чтобы пропускная способность канала была равна 125% от вычисленной.

2.4. Контрольные вопросы

1. Теорема Шеннона для канала с шумами.
2. Отношение сигнал/шум.
3. Теорема Шеннона-Хартли.
4. Изменение отношения сигнал/шум при изменении ширины полосы частот.

Практическая работа 3

Расчет емкости модемного пула

3.1. Задание

По исходным данным: количество абонентов (и создаваемая ими нагрузка) и требуемая максимальная величина потерь вызовов рассчитать требуемую емкость модемного пула провайдера.

3.2. Теоретические сведения

В данной работе для расчета емкости модемного пула n будем использовать модель системы массового обслуживания с явными потерями по вызовам, что позволит рассчитывать модемный пул по второй формуле Эрланга.

Для использования этой модели необходимы следующие параметры:

1. N — количество абонентов.
2. f — частота вызовов (как часто абонент звонит на модемный пул провайдера).
3. t — средняя длительность соединения.

Модемный пул рассматривается как n -канальная система массового обслуживания с отказами, на вход которой поступает простейший поток заявок с плотностью (интенсивностью поступающей нагрузки) λ ; время обслуживания — показательное, с параметром (интенсивностью обслуживаемой нагрузки) μ .

Интенсивность поступающей нагрузки λ рассчитывается по формуле (3.1).

$$\lambda = N \cdot f \quad \text{выз/мин.} \quad (3.1)$$

Интенсивность обслуживаемой нагрузки μ рассчитывается по формуле (3.2).

$$\mu = \frac{1}{t} \quad \text{выз/мин.} \quad (3.2)$$

Эти два параметра позволяют рассчитать *приведенную плотность потока заявок* A — среднее число заявок, приходящееся на среднее время обслуживания одной заявки. Для расчета используется формула (3.3).

$$A = \frac{\lambda}{\mu} \quad \text{Эрл.} \quad (3.3)$$

Вторая формула Эрланга позволяет связать между собой емкость модемного пула n , приведенную плотность потока заявок A от всех абонентов провайдера и величину потерь вызовов (вероятность отказа в обслуживании)

p , которая будет являться функцией от n (формула (3.4)).

$$p(n) = \frac{\frac{A^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{A^k}{k!}}. \quad (3.4)$$

Построив график зависимости p от n , можно оценить требуемую емкость модемного пула.

3.2.1. Построение графика в системе Maxima

Для запуска системы Maxima необходимо запустить эмулятор терминала (xterm, urxvt или иной) и ввести в нем команду

```
user@host: [~] $ maxima
```

После этого командная оболочка Maxima запустится и в терминале будет выведено приглашение к вводу команд.

Для построения требуемого графика зависимости $p(n)$ необходимо использовать следующую последовательность команд.

1. Задать рассчитанное значение A .
2. Задать функцию $p(n)$.
3. Проверить правильность задания функции $p(n)$.
4. Сформировать список значений $p(n)$ для целых n от 1 до 800 (расчет длительный).
5. Построить график зависимости $p(n)$.

```
(%i1) A:400;  
(%i2) p(n):=(A^n/n!)/(sum(A^k/k!,k,0,n));  
(%i3) p(n);  
(%i4) plist:makelist(p(n),n,1,800,5)$  
(%i5) plot2d([discrete,makelist(n,n,1,800,5),float(plist)]);
```

По построенному графику можно оценить требуемую емкость модемного пула. Для этого необходимо сопоставить заданную максимальную величину потерь $p_{\text{макс}}$ и соответствующее ей n .

В окне графика для увеличения участка кривой необходимо задать область при помощи правой кнопки мыши (навести, нажать ПКМ, выделить область для увеличения, нажать ПКМ). Для удобства рекомендуется включить отображение сетки (соответствующая кнопка в панели инструментов окна графика).

Для отчета необходимо сохранить график целиком и участок, показывающий требуемую емкость модемного пула. Для этого использовать пункт меню «Export to image» в выпадающем списке в панели инструментов окна графика.

Для выхода из оболочки Maxima необходимо использовать команду

```
(%i6) quit();
```

3.3. Варианты задания

Варианты указаны согласно номеру студента в журнале.

Таблица 3.1

Варианты задания

Вар-т	Кол. аб-в N	Частота вызовов f	Ср. длит. соед. t , мин.	Макс. вел. потерь $p_{\text{макс.}}$, %
1	800	3 выз. в 2 ч.	23	1
2	1200	2 выз. в 1 ч.	8	2
3	1400	4 выз. в 5 ч.	16	3
4	1600	1 выз. в 2 ч.	27	4
5	1800	3 выз. в 4 ч.	13	5
6	2000	2 выз. в 1 ч.	5	1
7	2200	3 выз. в 4 ч.	14	2
8	2400	1 выз. в 2 ч.	13	3
9	2600	3 выз. в 5 ч.	18	4
10	2800	3 выз. в 7 ч.	19	5
11	3000	2 выз. в 5 ч.	23	1
12	3200	3 выз. в 5 ч.	13	2
13	3400	1 выз. в 3 ч.	22	3
14	3600	2 выз. в 5 ч.	18	4
15	3800	1 выз. в 4 ч.	34	5
16	4000	2 выз. в 7 ч.	21	1
17	1000	4 выз. в 3 ч.	16	2
18	1300	3 выз. в 2 ч.	20	3
19	1700	5 выз. в 7 ч.	24	4
20	2100	3 выз. в 4 ч.	14	5
21	2500	2 выз. в 3 ч.	19	1
22	2900	3 выз. в 8 ч.	27	2
23	3300	1 выз. в 2 ч.	12	3
24	3700	1 выз. в 3 ч.	26	4
25	3900	1 выз. в 4 ч.	16	5
26	1750	1 выз. в 2 ч.	17	1
27	1950	2 выз. в 3 ч.	12	2
28	2150	2 выз. в 5 ч.	21	3
29	2350	1 выз. в 4 ч.	26	4
30	2450	1 выз. в 3 ч.	23	5

3.4. Контрольные вопросы

1. Принцип обеспечения доступа к услугам ПД через модемный пул.
2. Формулы Эрланга.
3. Понятие системы массового обслуживания.

Практическая работа 4

Оценка требуемой пропускной способности канала на примере услуги IP-телефонии

4.1. Цель работы

Ознакомиться с принципами оценки требуемой пропускной способности канала передачи данных на примере услуги IP-телефонии. Научиться выбирать вид технологии абонентского доступа с требуемой для услуги пропускной способностью.

4.2. Теоретические сведения

4.2.1. Пропускные способности технологий абонентского доступа

В табл. 4.1 приведены скорости базовых типов каналов ISDN PRA, использующихся для высокоскоростной передачи данных.

Таблица 4.1

Скорости базовых *N* каналов ISDN PRA

Тип канала	Полоса пропускания, кбит/с
N0 (6 В каналов)	384
N10 (23 В канала)	1472
N11 (24 В канала)	1536
N12 (30 В каналов)	1920

В табл. 4.2 приведены максимальные скорости для различных технологий семейства xDSL.

Таблица 4.2

Максимальные скорости для технологий семейства xDSL

Технология	Максимальная скорость (прием/передача)
ADSL ITU G.992.2 (G.lite)	1,5 Мбит/с / 512 кбит/с
ADSL ITU G.992.1 (G.dmt)	8 Мбит/с / 1,3 Мбит/с
ADSL ANSI T1.413	8 Мбит/с / 1,5 Мбит/с
ADSL2	12 (8) Мбит/с / 3,5 (0,8) Мбит/с
ADSL2+	24 Мбит/с / 1,4 Мбит/с
IDSL	144 кбит/с
HDSL	2 Мбит/с
SDSL	2 Мбит/с
VDSL	62 Мбит/с / 26 Мбит/с
SHDSL	2,32 Мбит/с
UADSL	1,5 Мбит/с / 384 кбит/с

4.2.2. Расчет пропускной способности канала для услуги IP-телефонии

Задача оценки пропускной способности (полосы пропускания, скорости) канала для услуги IP-телефонии возникает при необходимости подключения офисной IP-АТС к внешней сети связи или организации межофисной телефонной связи посредством VoiceIP. В зависимости от требуемой пропускной способности выбирается достаточная для этой услуги технология абонентского доступа.

Необходимо отметить, что трафик IP-телефонии требует одинаковой полосы пропускания в обе стороны. Это важно при выборе в качестве технологии доступа одной из технологий семейства xDSL.

Занимаемая трафиком IP-телефонии (VoiceIP) полоса пропускания складывается из полезной нагрузки — голосовых данных, сжатых аудио кодеком, и накладных расходов, определяемых используемым набором протоколов RTP, UDP, IP, а также канальным и физическим уровнем сети. Полоса пропускания для трафика VoIP как правило рассчитывается в килобитах в секунду.

Расчет пропускной способности для одного VoIP соединения производится по следующей формуле.

$$R_{\text{VoIP}} = \frac{(L_{\text{VoIP}} + D) \cdot N_{\text{сек}} \cdot 8}{1000} \cdot 1.05, \quad \text{кбит/с} \quad (4.1)$$

где L_{VoIP} — аудиоданные, закодированные аудио кодеком, в байтах; D — избыточность или дополнительная нагрузка стека протоколов, в байтах; $N_{\text{сек}}$ — количество пакетов/кадров в секунду.

Для нескольких одновременных телефонных разговоров требуемая полоса пропускания увеличивается пропорционально.

Также необходимо отметить, что на практике трафик VoIP будет лишь одним из видов нагрузки в канале. Помимо него необходимо будет учитывать как минимум служебный трафик, а также трафик тех услуг, которые должны оказываться параллельно услуге IP-телефонии. В работе будем считать, что дополнительный служебный трафик IP-телефонии занимает 5% — коэффициент 1.05 в формуле (4.1).

Таким образом, получается, что требуемая пропускная способность зависит от выбранной технологии канального и физического уровня локальной сети (как правило, на сегодня это Ethernet) и типа кодека, который влияет на размер аудиоданных и количество пакетов в секунду.

Вначале оценим избыточность D одного пакета VoIP. Аудиоданные IP-телефонии передаются по протоколу RTP, который, в свою очередь, работает поверх протокола транспортного уровня UDP. На сетевом уровне работает протокол IP (считаем, что используется IPv4), а на канальном уровне — тех-

нология Ethernet (считаем, что используется обычный Ethernet II). Следовательно, общая избыточность одного пакета будет равна

$$D = D_{\text{RTP}} + D_{\text{UDP}} + D_{\text{IP}} + D_{\text{Eth.}}$$

Определить избыточность для каждого из этих протоколов можно исходя из рис. 4.1, где в сокращенном виде представлены форматы пакетов этих протоколов. Ниже каждого поля указан его размер в байтах.

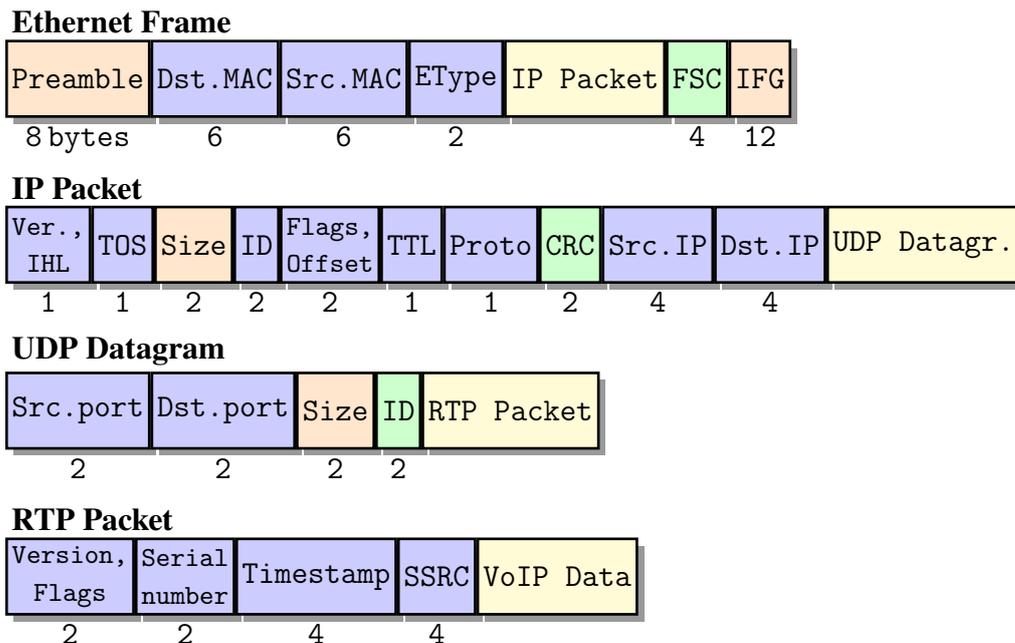


Рис. 4.1. Структуры пакетов сетевых протоколов, использующихся для передачи аудиоданных VoIP (сокращенно)

Далее рассмотрим принцип расчета размера аудиоданных VoIP в одном пакете и количества пакетов в секунду.

В зависимости от кодека, в VoIP пакет входит либо 20 либо 30 миллисекунд аудиоданных — это от 1 до 6 фреймов кодека (табл. 4.3).

Таким образом, размер аудиоданных VoIP можно посчитать по формуле

$$L_{\text{VoIP}} = L_{\text{фр}} \cdot \frac{t_{\text{пак}}}{t_{\text{фр}}},$$

а количество пакетов в секунду будет равно

$$N_{\text{сек}} = \frac{1000 \text{ мс}}{t_{\text{пак}} \text{ мс}}.$$

Таблица 4.3

Параметры некоторых аудиокодеков, использующихся в IP-телефонии

Название	Битрейт r , кбит/с	Размер фрейма $L_{фр}$, байт	Длина фрейма $t_{фр}$, мс	Длина пакета $t_{пак}$, мс
G.711	64	80	10	20
G.729	8	10	10	20
G.723.1 (6.3 Kbps)	6.3	24	30	30
G.726 (32 Kbps)	32	20	5	20
G.726 (24 Kbps)	24	15	5	20
G.728	16	10	5	30

4.3. Порядок выполнения задания

1. Выбрать согласно своему номеру варианта количество одновременно проводимых разговоров $n_{разг.}$ и аудиокодек (табл. 4.4).
2. Определить избыточность D для одного VoIP-пакета.
3. Рассчитать размер аудиоданных VoIP L_{VoIP} .
4. Рассчитать количество пакетов в секунду $N_{сек.}$.
5. Рассчитать требуемую полосу пропускания R с учетом того, что одновременно могут проводиться $n_{разг.}$ телефонных разговоров.
6. Определить, какие технологии абонентского доступа удовлетворяют требованиям по полосе пропускания.

Таблица 4.4

Варианты задания (указаны согласно номеру студента в журнале)

№	Кол. разг.	Кодек	№	Кол. разг.	Кодек	№	Кол. разг.	Кодек
1	20	G.711	11	16	G.726 (24)	21	13	G.723.1 (6.3)
2	10	G.729	12	21	G.728	22	15	G.726 (32)
3	19	G.723.1 (6.3)	13	13	G.711	23	10	G.726 (24)
4	12	G.726 (32)	14	14	G.729	24	23	G.728
5	11	G.726 (24)	15	24	G.723.1 (6.3)	25	10	G.711
6	25	G.728	16	18	G.726 (32)	26	22	G.729
7	20	G.711	17	13	G.726 (24)	27	16	G.723.1 (6.3)
8	13	G.729	18	25	G.728	28	11	G.726 (32)
9	12	G.723.1 (6.3)	19	12	G.711	29	19	G.726 (24)
10	22	G.726 (32)	20	11	G.729	30	23	G.728

4.4. Контрольные вопросы

1. Понятие о технологии ISDN.
2. Принцип работы технологии ADSL.
3. Принцип расчета пропускной способности канала для VoIP.

Практическая работа 5

Оценка гарантированной скорости доступа по выделенной линии

5.1. Цель работы

Целью данной практической работы является ознакомление с принципами оценки гарантированной скорости доступа по выделенной линии в зависимости от необходимых услуг передачи данных.

5.2. Теоретические сведения

5.2.1. Расчет гарантированной скорости доступа

Выделенная линия обычно используется для подключения офиса корпоративного клиента к узлу провайдера Интернет (рис. 5.1). Особенностью использования ресурсов Интернет для корпоративного клиента является то, что нагрузку на выделенную линию создает большое число работников. При этом, вероятность того, что все работники одновременно будут использовать все разрешенные им услуги сети Интернет мала. Нагрузка, создаваемая работниками, неравномерно распределена во времени, достигая своего максимума в так называемый «час наибольшей нагрузки» (ЧНН).

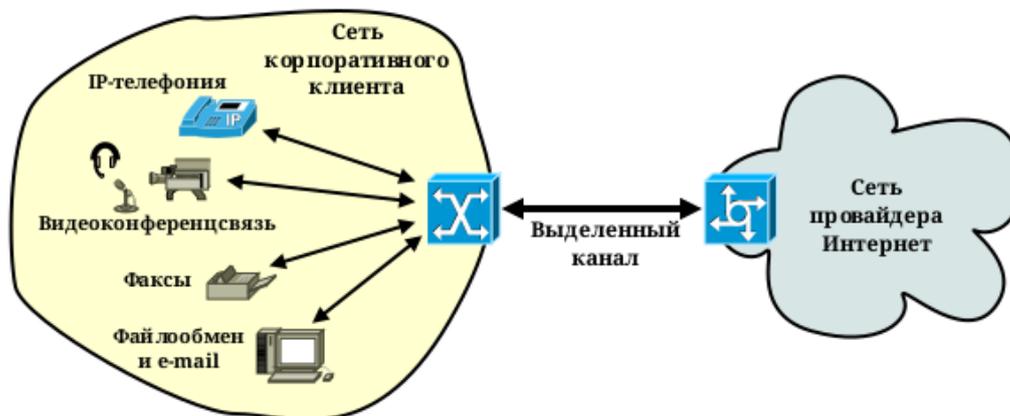


Рис. 5.1. Модель подключения офиса корпоративного клиента к узлу провайдера Интернет

Следует учитывать свойства трафика, генерируемого работниками. Для приложений и услуг критичных к задержкам, как например IP-телефония, наилучшей скоростью доставки трафика будет та скорость, с которой формируется трафик в порту провайдера. Если приложение не критично к задержкам, то клиент при заключении контракта с провайдером может выбрать меньшую скорость доставки, чем скорость формирования трафика в порту провайдера. Экономически это выгодно клиенту: чем меньше скорость доставки, тем меньше плата за услугу. Однако, если скорость доставки трафи-

ка меньше максимальной скорости его формирования, то возникает очередь из неотправленных данных. Для их хранения требуется память, в противном случае данные могут быть потеряны. Поэтому при заключении контракта клиента с провайдером необходимо оговаривать два параметра: гарантированная скорость доступа и объем резервируемой памяти. Оценка объема резервируемой памяти требует оценки свойств трафика. В действительности все провайдеры Интернет заключают договора на каналы с гарантированной скоростью, и вопрос о выделении памяти никогда не поднимается, поскольку у провайдера обычно нет такого ресурса. Поэтому необходимо рассматривать только оценку гарантированной скорости доступа, в предположении, что все приложения критичны к задержкам. Следовательно, будет рассматриваться система передачи, стремящаяся к системе без потерь.

Рассматриваемая методика расчета гарантированной скорости доступа основана на разбиении трафика всех используемых приложений (услуг) на единичные каналы и определении числа этих каналов в зависимости от заданных параметров системы, в качестве которых выступают:

- общее количество и виды используемых приложений (услуг);
- скорость передачи для одного пользователя каждой услуги;
- количество пользователей каждой услуги;
- нагрузка на канал передачи, создаваемая пользователями услуг в ЧНН.

Предлагаемая методика расчета гарантированной скорости доступа состоит из трех основных шагов:

- 1) нормирование полосы для трафика приложений;
- 2) определение числа единичных каналов для всех приложений;
- 3) определение гарантированной скорости доступа.

В методике предполагается, что число занятых единичных каналов подчиняется нормальному закону распределения, что справедливо при большом числе пользователей.

Нормирование полосы для трафика приложений подразумевает определение числа единичных каналов для каждой из используемых услуг ПД по формуле

$$k_i = B_i/b, \quad (5.1)$$

где b — основная передаточная единица (единичный канал), кбит/с; B_i — скорость передачи для услуги i , кбит/с; k_i — число единичных каналов с полосой пропускания b , необходимых для приложения i .

Величина единичного канала b определяется как наибольший общий делитель (НОД) скоростей передачи всех услуг ПД:

$$b = \text{НОД}(B_1, B_2, \dots, B_m), \quad (5.2)$$

где m — общее число используемых услуг ПД.

Для вычисления НОД можно воспользоваться системой компьютерной алгебры GNU/Octave (пп. 5.2.4).

Число единичных каналов для всех приложений клиента рассчитывается по формуле

$$n = \lceil E + K \cdot D \rceil, \quad (5.3)$$

где E — среднее число единичных каналов b (5.4); D — среднеквадратичное отклонение числа единичных каналов b (5.5); K — коэффициент, соответствующий допустимой вероятности потерь вызовов, который определяется из условия $P = 1 - 2F(K)$, где P — допустимая вероятность потерь вызовов; $F(x)$ — функция распределения нормированного и центрированного нормального распределения (табл. 5.1).

Параметры D и E рассчитываются по формулам

$$E = \sum_{i=1}^m \frac{k_i N_i \rho_i}{1 + \rho_i}, \quad (5.4)$$

$$D = \sum_{i=1}^m \frac{\sqrt{k_i N_i \rho_i}}{1 + \rho_i}, \quad (5.5)$$

где k_i — число единичных каналов для услуги i ; ρ_i — удельная нагрузка услуги i (нагрузка, создаваемая одним пользователем услуги в ЧНН); N_i — число пользователей услуги i ; m — число услуг.

Гарантированная скорость доступа CIR определяется из условия

$$CIR \geq n \cdot b, \text{ бит/с}, \quad (5.6)$$

где b — пропускная способность выбранного единичного канала, бит/с; n — число единичных каналов.

Как правило провайдер Интернет предлагает набор возможных гарантированных скоростей канала доступа, и вторым условием для CIR становится равенство скорости, минимально удовлетворяющей условию (5.6):

$$CIR = \min(C_1, C_2, \dots, C_M), \quad (5.7)$$

где (C_1, C_2, \dots, C_M) — шкала возможных значений гарантированной скорости доступа.

5.2.2. Пример расчета гарантированной скорости доступа

Пусть корпоративный клиент использует услуги трех типов ($m = 3$):

- 1) IP-телефония со скоростью $V_1 = 48$ кбит/с (на одного пользователя);
- 2) электронная почта со скоростью доставки $V_2 = 16$ кбит/с;
- 3) файловый обмен с минимальной скоростью $V_3 = 384$ кбит/с.

Всего в компании 80 сотрудников, каждый из которых пользуется всеми услугами, следовательно:

$$N = N_1 = N_2 = N_3 = 80.$$

Удельные нагрузки каждого приложения равны

$$\rho_1 = 0,07; \quad \rho_2 = 0,06; \quad \rho_3 = 0,08.$$

Допустимая вероятность потерь вызовов P равна 0,12.

Начинаем расчет. Величина единичного канала b будет равна

$$b = \text{НОД}(48, 16, 384) = 16 \text{ кбит/с.}$$

Соответственно, число единичных каналов для каждого приложения будет равняться

$$k_1 = 3; \quad k_2 = 1; \quad k_3 = 24.$$

Коэффициент K допустимой вероятности потерь вызовов определяется как

$$P = 1 - 2F(K) \Rightarrow F(K) = \frac{1 - P}{2} = \frac{0,88}{2} = 0,44 \Rightarrow K = 1,56.$$

Среднее число E единичных каналов b (5.4) равно

$$E = \frac{3 \cdot 80 \cdot 0,07}{1 + 0,07} + \frac{1 \cdot 80 \cdot 0,06}{1 + 0,06} + \frac{24 \cdot 80 \cdot 0,08}{1 + 0,08} \approx 162,5.$$

Среднеквадратичное отклонение D числа единичных каналов b (5.5) равно

$$D = \frac{\sqrt{3 \cdot 80 \cdot 0,07}}{1 + 0,07} + \frac{\sqrt{1 \cdot 80 \cdot 0,06}}{1 + 0,06} + \frac{\sqrt{24 \cdot 80 \cdot 0,08}}{1 + 0,08} \approx 17,4.$$

Число единичных каналов n для всех приложений клиента (5.3) равно

$$n = \lceil 162,5 + 1,56 \cdot 17,4 \rceil = 190.$$

Гарантированная скорость доступа CIR (5.6) равна

$$CIR \geq 190 \cdot 16 = 3040 \text{ кбит/с.}$$

Далее, исходя из этого условия, можно выбрать технологию доступа для выделенного канала.

5.2.3. Значения функции распределения нормированного и централизованного нормального распределения

В табл. 5.1 приведены округленные до четвертого знака после запятой значения функции распределения нормированного и централизованного нормального распределения. Более точные значения приведены в справочнике по математике И. Н. Бронштейна и К. А. Семендяева (список использованных источников).

Таблица 5.1

Округленные значения функции распределения $F(x)$ нормированного и
центрированного нормального распределения

x	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998
3,6	0,4998	0,4998	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,7	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,8	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,9 ≤	0,5000	...								

5.2.4. Вычисление НОД в системе GNU/Octave

Для запуска командной оболочки системы Octave необходимо запустить эмулятор терминала (xterm, urxvt или иной) и ввести в нем команду

```
user@host : [~] $ octave -cli
```

После этого в терминале будет выведено приглашение к вводу команд.

Для вычисления НОД чисел a_1, a_2, \dots используется команда

```
gcd(a1, a2, ...)
```

Для выхода из системы Octave используется команда

```
exit
```

5.2.5. Список использованных источников

1. Денисова, Т. Б. Проектирование узла Интернет: методическое пособие для курсового и дипломного проектирования / Т. Б. Денисова. — Самара : ПГАТИ, 2004.
2. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. — М. : Наука, 1980. 974 с.
3. Documentation [Электронный ресурс] // Octave-Forge: [сайт]. URL: <http://octave.sourceforge.net/docs.html>.

5.3. Порядок выполнения задания

1. Выбрать согласно своему номеру варианта исходные данные для расчета. В табл. 5.2 для каждой из используемых услуг — IP-телефония, видеоконференцсвязь (ВКС), передача данных (ПД), электронная почта (e-mail), факсимильная связь — приведены параметры: B_i — скорость передачи, требуемая для услуги i , бит/с; ρ_i — удельные нагрузки для каждой услуги в ЧНН, Эрл; N_i — количество пользователей услуги. В табл. 5.3 приведены допустимые доли потерь вызовов для корпоративного клиента.

2. Рассчитать гарантированную скорость доступа CIR .

Таблица 5.2

Исходные данные для расчета (указаны согласно номеру студента в журнале).

Параметры используемых услуг

№ вар.	IP-телеф.			ВКС			ПД			E-mail			Факс		
	B_1	ρ_1	N_1	B_2	ρ_2	N_2	B_3	ρ_3	N_3	B_4	ρ_4	N_4	B_5	ρ_5	N_5
1	24	0,08	51	128	0,016	9	256	0,025	46	4	0,01	94	16	0,007	12
2	32	0,08	44	256	0,006	9	64	0,016	38	8	0,01	88	32	0,005	15
3	40	0,09	49	160	0,016	10	128	0,023	52	32	0,01	70	24	0,003	12
4	48	0,07	70	192	0,012	9	384	0,020	59	24	0,04	76	40	0,005	11
5	56	0,07	47	384	0,016	10	96	0,022	43	16	0,04	81	56	0,007	13

Исходные данные для расчета (указаны согласно номеру студента в журнале).

Параметры используемых услуг

№ вар.	IP-телеф.			ВКС			ПД			E-mail			Факс		
	B_1	ρ_1	N_1	B_2	ρ_2	N_2	B_3	ρ_3	N_3	B_4	ρ_4	N_4	B_5	ρ_5	N_5
6	96	0,06	79	128	0,014	10	192	0,016	46	48	0,06	70	48	0,005	5
7	24	0,04	42	256	0,012	6	160	0,009	60	56	0,03	72	16	0,001	8
8	32	0,07	33	160	0,008	5	512	0,011	55	4	0,03	74	8	0,005	8
9	40	0,04	47	192	0,016	5	256	0,013	47	8	0,02	99	24	0,001	7
10	48	0,07	35	384	0,008	7	64	0,022	47	32	0,03	81	16	0,005	9
11	56	0,10	65	128	0,016	9	128	0,020	46	24	0,06	93	32	0,006	7
12	96	0,10	80	256	0,006	5	384	0,011	39	16	0,05	86	24	0,003	12
13	24	0,09	48	160	0,016	5	96	0,016	58	48	0,03	77	40	0,003	5
14	32	0,09	63	192	0,016	10	192	0,010	53	56	0,01	62	56	0,007	7
15	40	0,07	65	384	0,014	9	160	0,022	38	4	0,05	67	48	0,002	11
16	48	0,09	84	128	0,006	5	512	0,024	39	8	0,03	82	16	0,007	11
17	56	0,04	49	256	0,008	7	256	0,024	49	32	0,01	86	8	0,003	8
18	96	0,10	75	160	0,014	9	64	0,017	54	24	0,03	91	24	0,006	11
19	24	0,08	60	192	0,004	6	128	0,011	37	16	0,02	75	16	0,002	12
20	32	0,04	79	384	0,004	10	384	0,017	44	48	0,04	79	32	0,004	12
21	40	0,06	64	128	0,006	5	96	0,008	46	56	0,03	71	24	0,007	5
22	48	0,06	69	256	0,012	8	192	0,014	38	4	0,05	63	40	0,004	6
23	56	0,10	45	160	0,010	6	160	0,017	56	8	0,06	90	56	0,005	11
24	96	0,07	38	192	0,010	10	512	0,022	52	32	0,03	79	48	0,006	15
25	24	0,05	78	384	0,016	8	256	0,020	33	24	0,02	86	16	0,005	8
26	32	0,06	74	128	0,014	10	64	0,021	39	16	0,02	94	8	0,005	13
27	40	0,05	49	256	0,008	8	128	0,014	39	48	0,05	98	24	0,003	13
28	48	0,04	51	160	0,014	10	384	0,012	59	56	0,04	67	16	0,001	5
29	56	0,09	73	192	0,004	8	96	0,012	35	4	0,06	94	32	0,004	8
30	96	0,05	57	384	0,014	9	192	0,015	31	8	0,01	86	24	0,003	10

Таблица 5.3

Исходные данные для расчета (указаны согласно номеру студента в журнале).

Допустимые доли потерь вызовов для корпоративного клиента

№ вар.	P								
1	0,06	7	0,12	13	0,10	19	0,14	25	0,14
2	0,07	8	0,08	14	0,06	20	0,07	26	0,13
3	0,07	9	0,15	15	0,15	21	0,12	27	0,15
4	0,07	10	0,14	16	0,07	22	0,14	28	0,15
5	0,12	11	0,14	17	0,11	23	0,08	29	0,07
6	0,06	12	0,09	18	0,05	24	0,08	30	0,11

5.4. Контрольные вопросы

1. Принцип нормирования полосы для трафика приложений.
2. Принцип определения числа единичных каналов для всех приложений клиента.
3. Принцип определения гарантированной скорости доступа.

Владимиров Сергей Сергеевич

ТЕЛЕМАТИЧЕСКИЕ СЛУЖБЫ

Практикум

Редактор *Х. Х. Хxxxxxxxxx*

План изданий 20XX г., п. XX

Подписано к печати XX.XX.20XX
Объем X,XX усл.-печ. л. Тираж XX экз. Заказ XXX

Редакционно-издательский отдел СПбГУТ
191186 СПб., наб. р. Мойки, 61
Отпечатано в СПбГУТ