

Майер Р.В.

Глазовский государственный педагогический институт

Передача информации по каналу связи: моделирование на ПЭВМ

На занятиях по теоретическим основам информатики студенты педагогического вуза изучают различные методы кодирования, фундаментальные теоремы Шеннона о передаче информации по каналу связи, знакомятся с понятиями “относительная избыточность кода”, “пропускная способность канала связи” и др. Для более глубокого понимания этих вопросов, им могут быть предложены следующие задачи.

Задача 1. Источник вырабатывает сообщение 10110010... Кодер разбивает его на блоки длиной $N - 1$ и добавляет 1 бит четности так, что получаются кадры длиной N . Они поступают в канал связи, в котором с вероятностью p вносятся ошибки (инвертируются биты), и, пройдя через него, попадают в декодер. На передачу 1 бита затрачивается 1 такт машинного времени (допустим, 1 мс). Реализуется система с переспросом: декодер выявляет кадры с ошибками и по каналу переспроса посылает сигнал о повторе передачи соответствующего кадра. На его повторную передачу снова затрачивается N тактов. Сигнал по каналу переспроса не вносит задержки. Промоделируйте этот процесс на ПЭВМ, определите скорость передачи.

```
uses crt, dos;                                     { ПР - 1 }
const Chislo_k=500; Dlina_k=8; p=0.05;
var i, t : longint; x, skorost : real;
BEGIN
  For i:=1 to Chislo_k do begin t:=t+Dlina_k;
    x:=random(1000)/1000; writeln('KADR ', i, ' ', x);
    If x<p*Dlina_k then begin i:=i-1;
      writeln('Oshibka v kadre ', i, ' ', t); end;
    If x>=p*Dlina_k then writeln('Pravilno, t= ', t);
  end; skorost:=Chislo_k*(Dlina_k-1)/t;
writeln(t, ' ', skorost); Readkey;
END.
```

Для компьютерного моделирования может быть использована программа ПР – 1, написанная на языке Pascal. Длина кадра N равна величине константы $Dlina_k$, при этом число информационных бит составляет $Dlina_k - 1$, число кадров равно $Chislo_k = 500$. Скорость передачи определяется так: $skorost = Chislo_k (Dlina_k - 1) / t$, где $(Dlina_k - 1)$ – число информационных бит, t – число тактов. Она зависит от длины кадров и вероятности ошибки.

Задача 2. Используя компьютерную модель, изучите зависимость скорости передачи информации по каналу связи от вероятности ошибки p , постройте графики. Длина кадра равна: 1) 4 бит; 2) 8 бит.

При увеличении вероятности ошибки растет частота переспросов, скорость передачи информации уменьшается. Поэтому получается убывающая кривая, которая с увеличением p приближается к 0.

Задача 3. Постройте график зависимости скорости передачи информации от длины кадра, если вероятность ошибки постоянна и равна 0,02; 0,1; 0,3.

Если $p = 0,1$, то при длине кадра 2 или 3 бита скорость передачи невелика за счет большого числа проверочных битов четности. С ростом длины кадра она уменьшается из-за увеличения вероятности ошибки в кадре. Существует некоторая оптимальная длина кадра, при которой скорость максимальна.

Задача 4. Считая, что емкость канала связи C равна максимальной скорости передачи информации, изучите зависимость емкости канала от вероятности ошибки, постройте график. Сравните полученные результаты с расчетными значениями для двоичного симметричного канала с шумом.

Емкость (пропускная способность) двоичного симметричного канала связи с вероятностями ошибки p и правильной передачи $(1 - p)$ равна

$$C_T = 1 + p \log_2 p + (1 - p) \log_2 (1 - p).$$

При $p = 0$ (ошибок нет) емкость канала максимальна и равна 1; когда $p = 0,5$, емкость канала $C = 0$. Для нахождения емкости C моделируемого канала связи с переспросом зададим вероятность ошибки 0,05 и найдем скорости передачи при различных длинах кадра. Обнаружим, что при $N = 5$ скорость передачи максимальна и равна 0,60, — это и есть емкость канала связи C . Повторим эту процедуру при других p , каждый раз определяя максимальную скорость передачи. Получающиеся результаты представлены ниже.

p	N	C	C_T	p	N	C	C_T	p	N	C	C_T
0	2000	0,99	1	0,10	3	0,46	0,53	0,30	2	0,195	0,12
0,01	8–14	0,80	0,92	0,15	3	0,36	0,39	0,35	2	0,145	0,066
0,02	7	0,74	0,86	0,20	2	0,30	0,28	0,40	2	0,097	0,029
0,05	5	0,60	0,71	0,25	2	0,24	0,19	0,45	2	0,048	0,0072

Построим график зависимости емкости моделируемого канала связи от вероятности ошибки. Видно, что при увеличении p от 0 до 0,5 она уменьшается от 1 до 0. Эта зависимость похожа на расчетную кривую для двоичного симметричного канала связи, но точного совпадения нет.

Задачи 5. Имеется сообщение 01101...01 из 30 бит. Напишите программу, которая кодирует его помехоустойчивым кодом, утраивающим каждый бит (0 – 000, 1 – 111). Затем она с заданной вероятностью $p = 0,1$ инвертирует биты и декодирует сообщение, исправляя внесенные ошибки.

Задачи 6. Имеется сообщение 01101...01. Напишите программу, которая разбивает его на кадры по 7 бит и добавляет восьмой бит четности, чтобы количество единиц в байте было бы четным. Дополните ее так, чтобы она вносила бы ошибки в сообщение, получающееся после добавления битов четности, а затем выявляла бы кадры с ошибками.

Эти и другие вопросы подробно рассмотрены в электронных книгах Майера Р.В. “Задачи, алгоритмы, программы” и “Как стать компьютерным гением: книга о информационных системах и технологиях”, которые можно скачать с сайта <http://maier-rv.glazov.net> (<http://komp-model.narod.ru>).