

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОШИБОК В ТЕЛЕФОННЫХ КАНАЛАХ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

К проблеме передачи данных по телефонным линиям связи обращались и продолжают обращаться многие специалисты и аналитики [1 - 6]. Особенно обострилась эта проблема в последнее время, когда телефонные каналы должны обеспечивать не только необходимый уровень качества для передачи аналоговых данных, но и для передачи больших потоков цифровой информации.

Одним из важных факторов совокупности параметров, определяющих качество связи, являются искажения, вносимые передатчиком и каналом передачи. Ошибки возникают в каналах передачи информации гораздо чаще, чем в других сегментах сети.

Для получения статистических данных по распределению ошибок при передаче дискретной информации были исследованы различные телефонные каналы. В качестве измерителя информационных характеристик каналов применялся протокольный анализатор HP Network Advisor. Анализатор определяет частоту появления битовых ошибок (BER), т.е. оценку и количественное измерение одного из параметров качества канала: генерацией и анализом соответствующих тестовых последовательностей (псевдослучайная (PRBS),

константный "0", константная "1" и др.). Регистрируются ошибки в положительных и в отрицательных импульсах (вида соответственно 1->0 и 0->1). Однако частота появления битовых ошибок не дает полной картины. Распределение ошибок - также не маловажная область изучения. Поражение молнией, например, может вызвать большое число ошибок в линии, а большая группа ошибок может вызвать временный перерыв связи и пропадание сигнала. По этой причине в ходе тестирования биты объединялись в блоки по 1000 бит для измерения частоты появления блоковых ошибок (т.е. количества блоков, имеющих хотя бы одну ошибку).

Анализатор параллельно подключался к каналу в синхронном режиме работы, организуемая физическая петля через специальный порт позволяла получать обратно посылаемые символы.

В табл.1 показаны обобщенные результаты испытаний каналов. Представлена статистика ошибок, возникающих в некоммутируемых телефонных каналах отечественных линий и магистралей большой протяженности.

Таблица 1

| Тип канала, скорость, протяженность | Количество переданных элементов, бит | Время наблюдения, мин | Время безошибочной передачи, % | Время ошибочной передачи, % | Количество ошибок | | Средняя вероятность битовой ошибки |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------|------------------------------------|
| | | | | | битовых | блоковых | |
| медн. Кабель, 256 кб/с | 2.0036E+10 | 1304 | 98.2 | 1.8 | 20976 | 6075 | 1.0E-06 |
| медн. Кабель, 64 кб/с | 5.4539E+09 | 1420 | 95.09 | 4.91 | 3.49E+06 | 76356 | 6.4E-04 |
| медн. Кабель, 64 кб/с | 2.1859E+08 | 57 | 96.7 | 3.3 | 6971 | 867 | 3.19E-05 |

Таблица 1 (продолжение)

| | | | | | | | |
|---|------------|-----|-------|------|-------|------|----------|
| медн. Кабель, 64 кб/с | 9.3503E+07 | 24 | 99.5 | 0.5 | 78 | 13 | 8.34E-07 |
| медн. кабель, 56 кб/с,65км магистраль | 1.1345E+08 | 34 | 98.9 | 1.1 | 209 | 35 | 2.36E-06 |
| медн. кабель, 56 кб/с,70км магистраль | 1.4654E+08 | 44 | 99.02 | 0.98 | 428 | 140 | 2.92E-06 |
| медн. кабель, 56 кб/с,120км. магистраль | 1.0818E+08 | 32 | 94.3 | 5.7 | 15020 | 1073 | 1.48E-04 |
| медн. кабель, 56кб/с. 150км, магистраль | 1.2371E+08 | 37 | 96.2 | 3.8 | 2080 | 416 | 1.68E-05 |
| медн. кабель, 56 кб/с,160км магистраль | 6.9229E+07 | 21 | 97.1 | 2.9 | 5893 | 226 | 8.51E-05 |
| медн. кабель, 14.4 кб/с,11км | 1.3124E+08 | 152 | 99.4 | 0.6 | 56 | 9 | 4.27E-07 |
| медн. кабель, 14.4 кб/с,4км | 2.7423E+08 | 317 | 94 | 6 | 29006 | 7965 | 1.06E-04 |
| медн. кабель, 14.4 кб/с, 23км | 1.2480E+08 | 144 | 97.01 | 2.99 | 8210 | 609 | 6.58E-05 |
| медн. кабель, 14.4 кб/с,18км | 4.6067E+07 | 53 | 97.01 | 2.99 | 2852 | 544 | 6.19E-05 |
| медн. кабель, 14.4 кб/с,33км | 2.8495E+07 | 33 | 99.6 | 0.4 | 259 | 32 | 9.09E-06 |

Как следует из анализа приведенных статистических данных, средняя вероятность ошибки различна и колеблется в пределах от 10^{-4} до $8 \cdot 10^{-7}$. Как видно из таблицы, статистические характеристики не являются стабильными во времени и изменяются в достаточно широком диапазоне. Таким образом, полученные результаты дают только ориентировочное представление о свойствах канала.

Большую часть времени информация по каналам проходит без искажений. Однако, исследования показали, что могут появляться одинарные ошибки, описываемые испытаниями Бернулли, и ошибки, называемые интенсивными [1], объединенные в пакеты с произвольной длительностью и структурой.

Для выявления характера распределения ошибок были выбраны несколько

коммутируемых каналов сети низкого качества со скоростью 14.4 Кбит/с и размером пакета 128 бит. Измерения аналоговых характеристик телефонных каналов проводились приборами DLA-9 фирмы Wandell&Goltermann и измеритель уровня П-321 на частоте 1020 Гц. Зафиксированы импульсные помехи длительностью равной длительности передачи единичного значения и пропадание сигнала на время от 600 мкс до 3 мс. Таким образом, можно судить о размере групп ошибок, который составляет от 2 до 64 бит. Это согласуется с результатами исследования коэффициента группирования ошибок [2]. Вместо цепочек пакетов с разной интенсивностью ошибок имеют место одиночные пакеты с фиксированной вероятностью ошибки внутри пакета. Формально вероятность может принимать любое значение в интервале от 0 до 1, но реальное ограничение - менее 0.5.

На рис. 1 представлена накопленная вероятность появления группы ошибок в зависимости от длины этих групп. Около 50%

составляют группы в 2, 3 и 4 элемента, 27% - от 5 до 10, 15% - группы размером 11-40 бит и 8% - свыше 40 бит.

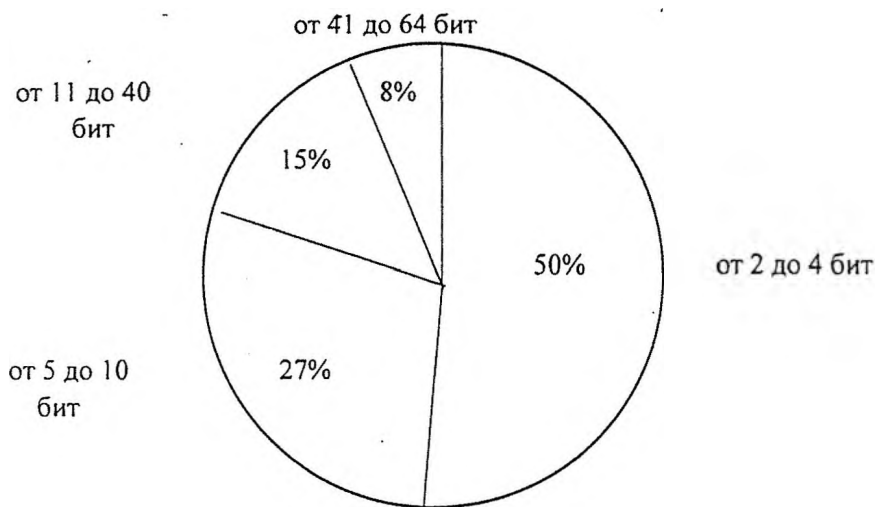


Рис. 1 Диаграмма вероятности появления групп ошибок

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что при передаче дискретной информации ошибки распространяются неравномерно, и, как правило, носят случайный и групповой характер. Настройка линий связи, исходя из собранных статистических данных, и переход на помехоустойчивые системы передачи данных может существенно снизить вероятность появления ошибочных битов в действующих линиях данного класса.

К сожалению, пока без должного внимания остаются оценка и нормирование качественных показателей канала, используемого для передачи дискретной информации. Сравнивая полученные результаты с опубликованными данными в статьях [1] [2] и [3] можно заметить, что качество телефонных каналов, с точки зрения достоверности передачи, если и изменилось к лучшему, то не значительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочеров А.В., Белоголовкин Е.Ю. Проблемы передачи данных по телефонным линиям //Сети и системы связи, №2, 1997, с. 60-63.
2. Белов В.В., Чистякова В.И. Оценивание параметров ошибок в цифровых групповых трактах // Электросвязь, №11, 1992, с.6-9.
3. Пуртов Л.П., Замрий А.С., Шаповалов И.Ф. Характер распределения ошибок в телефонных каналах при передаче дискретных каналов //Электросвязь, №6, 1965, с.31-40.
4. Вычислительные сети: адаптивность, помехоустойчивость, надежность. Самойленко С.И. -М: Наука, 1981.
5. Иванов А., Крицкий С. Глобальные компьютерные сети и телекоммуникации Мн:Мин. Обр. и науки РБ, 1995, с.28.
6. Дж. Мартин Системный анализ передачи данных, М:- Мир, 1979.