

УДК 681.324:621.325

А.А. Можаяев

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

## КОНЦЕПЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ В ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

*Проведен анализ качества предоставления услуг в широкополосных цифровых сетях с интеграцией служб. Изучены параметры нагрузки, влияющие на скорость и качество передачи телекоммуникационного трафика. Приведены результаты исследований зависимости качества передачи информации от семантической прозрачности сети. Предложены различные механизмы управления, позволяющие получить максимальную скорость передачи информации.*

**цифровые сети, вероятность искажений, нагрузка сети, семантическая прозрачность**

### Введение

#### Постановка задачи и анализ литературы.

Качество предоставления услуг в широкополосных цифровых сетях с интеграцией служб (Ш-ЦСИС) зависит от особенностей принципа асинхронно-адресной передачи информации (АТМ), который используется в этих сетях. Используя возможности, предоставляемые АТМ, пользователи получают гибкий доступ к соответствующим сетевым ресурсам, а сетевые операторы возможность гибкого распределения ресурсов. Введение категорий АТМ-сервиса позволило устанавливать виртуальные соединения каналов и сетей с различным качеством предоставляемых услуг [1 – 3]. Характеристики качества обслуживания в сети зависят от уровня нагрузки Ш-ЦСИС. Каждый из уровней нагрузки, в свою очередь, характеризуется различными скоростями передачи информации и рядом параметров (семантическая прозрачность, временная прозрачность, потери сообщений, задержки и джиттера).

Рассмотрим один из вышеперечисленных параметров. Семантическая прозрачность (СП) сети определяется как способность сети транспортировать сообщения от источника к получателю с приемлемым числом ошибок [4 – 6].

При заданной системе передачи прозрачность сети обеспечивается:

- 1) кодированием сообщения;
- 2) повтором сообщения по требованию приемника;
- 3) комбинацией приемов п.1 и 2.

Наиболее важной характеристикой, определяющей СП, является вероятность искажения битов информации – коэффициент ошибок по битам  $P_{BER}$  (BER – Bit Error Rate)

$$P_{BER} = N_{BE} / N_{BT}, \quad (1)$$

где  $N_{BE}$  – общее число ошибочных битов;  $N_{BT}$  – общее число переданных битов.

Для различных систем передачи информации измерение  $P_{BER}$  фактически сводится к набору статистики. Так как в системах передачи и передающей среде вероятность искажения бита оказывается различной (в современных волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС) величина  $P_{BER} \cong 10^{-9}$ ), то для получения репрезентативных результатов статистики требуется различное время. При повышении значения вероятности  $P_{BER}$  происходит увеличение числа повторных передач поврежденных пакетов, что, в свою очередь, приводит к значительному увеличению нагрузки [4 – 6]. Такое увеличение нагрузки, в свою очередь, приводит к изменению семантической прозрачности. При резком увеличении загрузки сети, которая наблюдается в настоящее вре-

мя, взаимосвязь между качеством функционирования телекоммуникационной сети, уровнями ее управления и изменениями параметров сети еще не имеют достаточно точных количественных оценок. Вот почему проблема изменения семантической прозрачности телекоммуникационной сети в зависимости от используемого протокола управления является **актуальной научной задачей**.

**Целью данной статьи** является оценка изменения параметров трафика телекоммуникационной сети от уровней управления при различных уровнях потерь пакетов в сети.

### Результаты теоретических исследований

Проанализируем, как влияют различные уровни управления сети на потери передаваемой информации и увеличении нагрузки сети. При использовании протокола управления «скользящее окно» [5] повышение нагрузки можно оценить по формуле:

$$R(n) = \frac{W}{2} \frac{1 - (1 - P_{BER})^{nL}}{(1 - P_{BER})^{nL}}, \quad (2)$$

где  $W$  – размер окна;  $n$  – число звеньев передачи;  $L$  – длина пакета, бит.

На рис. 1 представлена зависимость увеличения трафика от изменения  $P_{BER}$  на звене передачи.

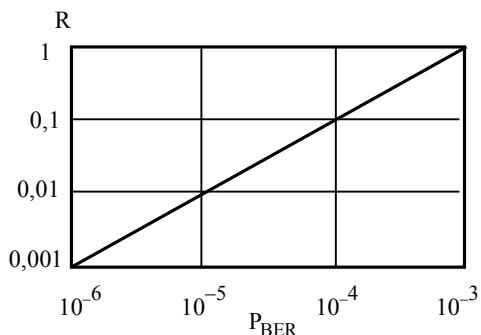


Рис. 1. Зависимость увеличения нагрузки от вероятности ошибки  $P_{BER}$  на звене передачи

График построен для случая пяти звеньев передачи ( $n = 5$ ). На рис. 1 трафик оценивается по отношению к исходному трафику. Так, например, если  $R(P_{BER}) = 1$ , то это означает, что число передаваемых пакетов удваивается.

При малой величине  $P_{BER}$  управление «от звена к звену» мало эффективно, так как вероятность ошибок оказывается крайне малой. Более эффективным в этом случае является управление от «конца к концу». Рис. 2 иллюстрируют случай управления на звене и управления от «конца к концу». На них представлена зависимость увеличения нагрузки от изменения вероятности ошибки  $P_{BER}$ . При управлении от «конца к концу» рассмотрен случай пяти звеньев. Рис. 2,а соответствует случаю, когда длина пакета составляет 53 октета, рис. 2, б соответствует случаю, когда длина пакета составляет 1000 октетов.

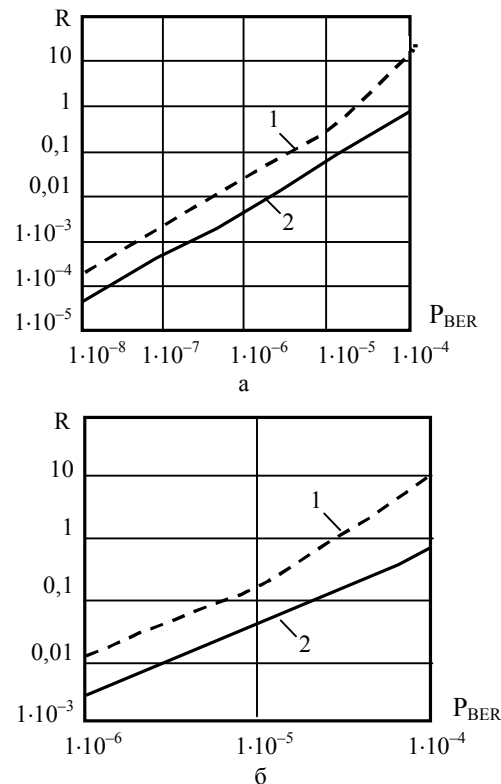


Рис. 2. Зависимость изменения нагрузки звена от изменения вероятности ошибки на звене: 1 – управление от «конца к концу», пять звеньев; 2 – управление на одном звене передачи (при длине пакета а – 1000, б – 53 октета)

Чем меньше величина  $P_{BER}$  в канале, тем более эффективным оказывается управление от «конца к концу» по сравнению с управлением на звене. На рис. 3 представлена зависимость эффективности управления от «конца к концу» по сравнению с управлением на «звене» для стандартной ячейки длиной  $53 \times 8 = 424$  бит от изменения величины  $P_{BER}$ .

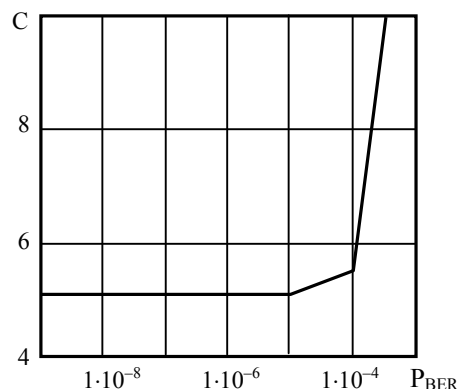


Рис. 3. Зависимость изменения эффективности от вероятности ошибки

Эффективность будем оценивать отношением нагрузок тракта с управлением на  $n$  звеньях и управлением на одном звене:

$$C = \frac{R(n)}{R(1)}, \quad (3)$$

при этом предполагается, что между пользователями имеется пять звеньев передачи ( $n = 5$ ), т.е.:

$$C = \frac{R(5)}{R(1)}. \quad (4)$$

Из графика, представленного на рис. 3, следует, что до величины  $P_{BER} \leq 10^{-5}$  управление от «конца к концу» практически не отличается от управления «на звене». Действительно, при  $P_{BER} = 10^{-9}$   $C = 5,0$ , а при  $P_{BER} = 10^{-5}$   $C = 5,04$ .

В пакетно-ориентированных сетях используют и другую оценку – вероятность искажений пакетов информации  $P_{PER}$  PER (Packets Error Rate). Ее вычисляют как число ошибочно принятых пакетов к общему числу переданных пакетов:

$$P_{PER} = \frac{N_{PE}}{N_{PT}}, \quad (5)$$

где  $N_{PE}$  – число пакетов, переданных с ошибками;  $N_{PT}$  – общее число переданных пакетов.

Величина  $P_{PER}$  определяется за некоторое нормированное время и существенно зависит от свойств передающей среды.

Переполнение буферных накопителей принципиально может также привести к увеличению нагрузки на звено.

Однако на практике вероятность потерь ячеек оказывается экстремально малой ( $P_{cell} \leq 10^{-9}$ ). О величине емкости буферных накопителей, обеспечивающих малую вероятность потерь ячеек, можно судить по рис. 4, для расчета которого была использована модель M/D/1/L ( $L \neq \infty$ ). Кривая построена при интенсивности поступающей нагрузки на звено  $\alpha = 0,8$  Эрл.

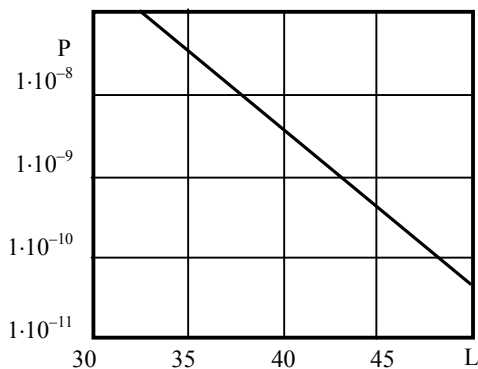


Рис. 4. Зависимость вероятности потерь ячеек от изменения емкости буферного накопителя при  $\alpha = 0,8$  Эрл

Результаты исследований по влиянию емкости буферных накопителей на вероятность потери ячеек количественно и качественно согласуются с аналогичными исследованиями, связанными с проблемой буферизации [7].

## Выводы

В результате исследований условий функционирования Ш-ЦСИС установлено, что показатели качества предоставления услуг в такой сети зависят от механизмов управления.

При сравнении различных механизмов управления, применяемых в сетях с интеграцией служб, доказано, что при малых значениях  $P_{BER} \leq 10^{-5}$  более эффективным способом управления является управление от «конца к концу» по сравнению с управлением на звене. Если же величина  $P_{BER}$  достигает значений  $10^{-4}$ , то возникает повышенная вероятность ошибки передачи информации и становится необходимым изменить управление от «конца к концу» на управление от «звена к звену», которое за счет повторной передачи поврежденной информации приводит к повышению нагрузки.

В дальнейшем желательно провести исследования влияния других параметров нагрузки, перечисленных в начале данной статьи, на показатели качества предоставления услуг в телекоммуникационной сети.

## Список литературы

1. Можжев О.О., Рондін Ю.П., Любченко Н.Ю., Кривчач С.Ф. Метод оптимізації структур даних у розподіленій мережі // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2005. – Вип. 6 (46). – С. 114-118.
2. Кучук Г.А., Кірілов І.Г., Пашинев А.А. Моделирование трафика мультисервисной розподіленої телекомунікаційної мережі // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 9 (58). – С. 50-59.
3. Кочура В.О., Кучук Г.А., Можжев О.О. Моделирование динамических процессов в виртуальных соединениях // Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил. – Х.: ОНДІ ЗС, 2006. – Вип. 2(4). – С. 217-224.
4. Stallings W. ISDN and Broadband ISDN. McMillan Publ. Co., N.-Y., 1992. – 633 p.
5. Кучук Г.А. Моделирование трафика изолированного пульсирующего источника // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 1. – С. 168-173.
6. Кучук Г.А., Стасева Я.Ю., Болубаш О.О. Розрахунок навантаження мультисервисної мережі // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – №4 (8). – С. 130-134.
7. Krieger M. Quellenmodellierung und Quellenanalyse in ATM-Vermittlungssystemen. VDI Verlag. Reihe 10: Informatik // Kommunikationstechnik. – 1991. – N. 157. – P. 140.

Поступила в редколлегию 20.12.2006

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. А.И. Стрелков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.