

через сеть Frame relay [5], [6], [7]. Приведенное распределение пользователей весьма условно в части их распределения между технологиями цифрового доступа, так как выбор пользователем конкретной технологии определяется как его потребностями в доступе к Интернет, так и другими услугами, предоставляемыми этой технологией.

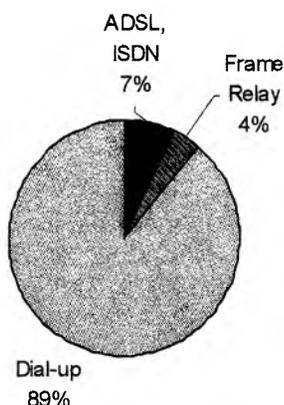


Рисунок 4. Оценка долей потенциальных пользователей различных технологий доступа

4. ВЫВОДЫ

1. На сегодняшний день характер трафика пользователей Интернет в России статистически близок к трафику телефонных вызовов. Причиной этого является значительная доля (56%) коротких («неуспешных») вызовов, наличие которых обусловлено использованием доступа к услугам электронной почты, ошибками пользователей, качеством разговорного трафика и т.д.

2. Средняя продолжительность сеанса связи с Интернет провайдером составляет 5 минут.
3. Характер трафика успешных сеансов (без учета коротких сеансов) отличается от телефонного трафика. Средняя продолжительность для них составляет 14 минут, что в 4 раза превышает среднюю продолжительность телефонного разговора.
4. При предположении о том, что продолжительность занятия коррелирована со структурным составом пользователей, была произведена оценка доли потенциальных пользователей различных технологий доступа к сети Интернет, которые составили: аналоговое соединение через ТфОП 89%, использование цифровых линий (ADSL, ISDN, Frame relay) 11%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А.Е. Кучерявый, Л.З. Гильченко, З.Б. Ревелова, А.Ю. Иванов. Перспективные решения по разделению трафика сети связи общего пользования и Интернет. Электросвязь, №5, 2000 г.
- [2]. Supachate Innet, Bill Lavery, Iradj Ouveysi. On the Economics of Internet Access via the PSTN. ISTN 2000, China, November 15-17, 2000.
- [3]. A. Koucheryavy, Kyu Ouk Lee, V. Nesterenko, A. Paramonov. Impact of Mobile Telecommunication Networks Expansion on the Voice Traffic in Fixed Public Telecommunication Networks. ICACT2001, South Korea, February 8-10, 2001.
- [4]. Концепция развития рынка телекоммуникационных услуг Российской Федерации. Вестник связи, №1, 2001 г.
- [5]. <http://www.peterlink.ru>
- [6]. <http://www.wplus.ru>
- [7]. <http://www.peterstar.ru>

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЯЧЕЙКАМИ АТМ

<http://edoc.bseu.by/>

А.К. Фоломеев

Институт Проблем Передачи Информации Российской Академии Наук, Большой Каретный переулок, 19, Москва, 101447, Россия, тел/факс: (095)299-29-04, laz@iitp.ru

АННОТАЦИЯ

В настоящее время получили широкое распространение системы на базе технологии АТМ. В этих системах данные передаются в виде пакетов фиксированной длины, именуемых ячейками, по нескольким виртуальным путям по каждой из соединительных линий. В докладе предлагается использовать метод адаптивного управления потоками ячеек АТМ для каждого виртуального канала. При разработке

метода принята во внимание малая вероятность одновременного появления ячеек в один и тот же момент времени по различным виртуальным каналам. Метод основан на результатах теории игр автоматов. Алгоритм адаптивного управления рассматривается на основе примера с тремя виртуальными каналами. Процесс передачи ячеек с применением метода адаптивного управления сравнивается с процессом передачи ячеек без применения данного метода. Как показывает пример, использование адаптивного

управления позволяет увеличить пропускную способность исходящей линии связи на 15-20 процентов.

В последнее время получила широкое распространение технология ATM [1,2,3], которая используется в широкополосной цифровой сети интегрального обслуживания [2,3] (Ш-ЦСИО).

Одной из основных особенностей технологии передачи ATM является возможность статистического мультиплексирования передаваемых потоков ячеек. При этом процесс генерации ячеек регулируется источником нагрузки и никак не связан с физической средой, используемой для передачи ячеек. Количество ресурса сети ATM, требуемого каждым пользователем, пропорционально числу ячеек, генерируемых в единицу времени пользователем. Для виртуальных соединений с переменной интенсивностью, осуществляемых в сети ATM, требуемый для передачи ресурс с течением времени меняется в соответствии с изменением интенсивности потока ячеек. Если ресурс выделять только на основании значения пиковой интенсивности, то часть ресурса не будет востребована в процессе соединения. Если при этом ресурс используется несколькими потребителями, то его деление в соответствии с пиковой интенсивностью ещё более уменьшает эффективность использования линий связи.

Между тем, исходя из статистических свойств передаваемой нагрузки, можно сделать вывод о малой вероятности события, состоящего в том, что одновременно для всех соединений передача ячеек будет вестись на максимальной скорости, соответствующей пиковой интенсивности. Эта вероятность будет тем меньше, чем большее число соединений рассматривается. Следовательно, используя статистические свойства нагрузки, администрация сети может без потери качества уменьшить ресурс, требуемый для реализации рассматриваемых соединений, по сравнению с его выделением на основе значений пиковых интенсивностей или увеличить число установленных соединений, т.е. осуществить статистическое мультиплексирование нагрузки (Рис. 1).

Как известно, между администрацией сети и пользователями заключается соглашение о предоставлении ресурса для передачи трафика. Для обеспечения выполнения соглашения предлагается «выдавать» пользователям сети т.н. «кредит» [2], т.е. разрешение на передачу данных со скоростью, не превышающей заданную таким «кредитом» (CIR—Committed Information Rate).

При этом «кредит» CIR, измеряемый битами в секунду, определяется в терминах разрешен-

ного объема данных B_c (burst size), который может быть пользователем послан в сеть за время T_c , измеряемое, например, в секундах:

$$CIR = B_c / T_c. \quad (1)$$

Применение статистического мультиплек-

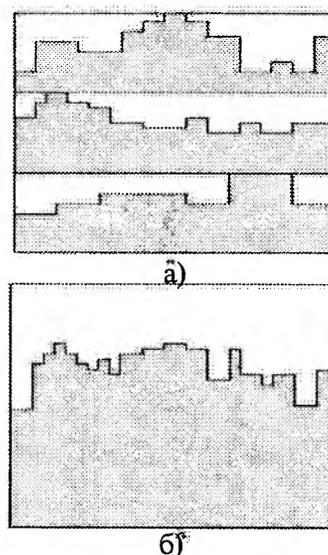


Рисунок 1. Эффективность реализации процедуры мультиплексирования

- (а) передача нагрузки с жёстким делением ресурса линии на три канала;
- (б) результат статистического мультиплексирования.

сирования позволяет предоставить суммарный общий «кредит» всем пользователям сети, превышающий общую пропускную способность сети. Это возможно потому, что вероятность использования допустимого «кредита» всеми пользователями одновременно ничтожно мала.

Значение «кредита» (CIR) является средним значением пуассоновского входного потока ячеек, и сеть гарантирует такую скорость передачи пачки данных при отсутствии на сети перегрузки. Однако из-за тех или иных причин (например, все пользователи начали одновременную передачу ячеек, а некоторые это сделали даже с превышением кредита) на сети может возникнуть перегрузка, и в отсутствие методов управления потоком отдельные ячейки могут быть потеряны.

На Рис. 2. условно изображена зависимость возможности передачи всех ячеек от условий на сети:

- 1 — скорость доступа в сеть;
- 2 — потеря всех ячеек;
- 3 — передача ячеек, если нет перегрузки в сети; в условиях перегрузки сети пачки ячеек могут быть потеряны;
- 4 — передача всех ячеек.

Проверка соответствия параметров посту-

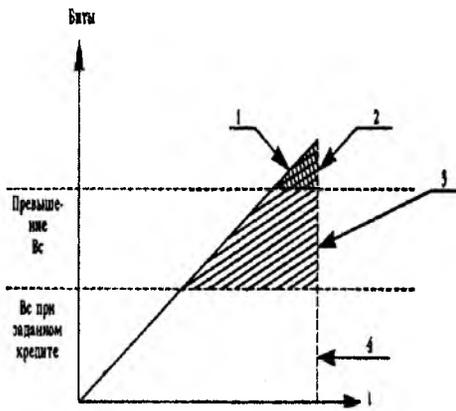


Рисунок 2. График зависимости возможности передачи всех ячеек от условий на сети

поступающего потока ячеек принятому соглашению может осуществляться различными методами. Один из наиболее популярных методов называется "leaky bucket" ("дырявое ведро") [3]. Его реализация показана на Рис. 3.

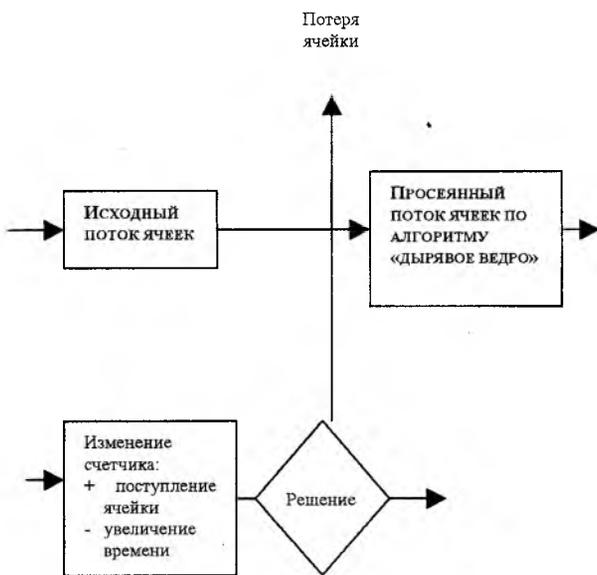


Рисунок 3. Пример реализации алгоритма контроля за доступом ячеек "дырявое ведро"

Метод контроля основан на введении специального счётчика, к которому прибавляется единица каждый раз, когда поступает ячейка, и вычитается единица через равные отсчеты времени. Пока значение счётчика не превышает порогового значения (размер ведра), передача ячеек происходит без изменений. Когда порог превышает, то соответствующие ячейки помечаются или считаются потерянными.

На Рис.4 показано поинтервальное состояние счётчика при поступлении потока ячеек, когда номинальный интервал между прибытием ячеек составляет четыре интервала времени,

а пороговое значение счётчика - шести.

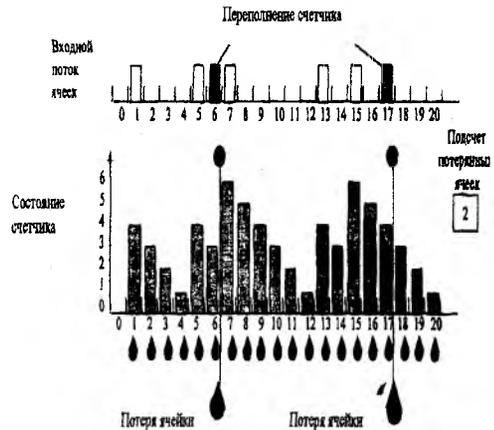


Рисунок 4. Поинтервальное состояние счётчика при поступлении потока ячеек

Для уменьшения числа потерянных ячеек введен буфер ограниченного объема, куда будут помещаться ячейки в случае превышения порогового значения счётчика. Эти ячейки будут вторично поставлены на передачу, когда нагрузка на исходящей линии связи уменьшится. Тогда потеря ячеек будет происходить только в случае переполнения буфера.

Для повышения пропускной способности предлагается ввести метод адаптивного управления потоков ячеек.

Для осуществления адаптивного управления потоков нагрузки на исходящей линии связи применим игровой метод [4], когда управляющее устройство состоит из коллектива вероятностных автоматов с переменной структурой. Каждый автомат закрепляется за виртуальным каналом, по которому передаются ячейки от соответствующего пользователя.

Пусть автомат осуществляет n возможных действий y_1, \dots, y_n .

Действие означает выбор i -го приращения к заданному «кредиту» из n возможных при поступлении соответствующей заявки. Выбор действия задается вектором-строкой

$$M = (m_1, \dots, m_n) \quad \text{где } m_i \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^n m_i = 1 \quad (2)$$

Действие y_i выбирается с вероятностью m_i .

Изменение структуры автомата M происходит следующим образом. При поступлении нагрузки автомат сравнивает значение трафика с пропускной способностью линии связи. В том случае, если трафик не превышает пропускную

способность или превышение такое, что ячейки записываются в буфер без потерь, то действие γ_i автомата считается успешным, автомат поощряется, элемент m_i увеличивается умножением на коэффициент $\beta \geq 1$ и вся строка нормируется.

Если буфер переполнен и поступающие ячейки теряются, то автомат штрафуются, при этом элемент m_i уменьшается умножением на $0 \leq \alpha \leq 1$ и вся строка нормируется.

Если совершено действие γ_i то новое значение элементов автомата

$$m_i^* = \frac{m_i \gamma}{1 + (\gamma - 1) m_i} \quad (3)$$

$$m_j^* = \frac{m_j}{1 + (\gamma - 1) m_i}$$

при $j \neq i$,

где

$\gamma = \alpha$ при штрафе и
 $\gamma = \beta$ при поощрении.

При этом заметим, что поощрение и штраф соответствуют передаче источнику сообщений сигнала об увеличении или снижении скорости передачи.

Также следует учесть, что средняя скорость передачи не может быть ниже той, что оговорена в соглашении по трафику, т.е. не может быть ниже кредита. Поэтому, когда ячейка теряется, но при этом не превышен кредит, автомат не штрафуются, но и не поощряется.

Для проведения исследований был разработан алгоритм, моделирующий работу вероятностного автомата.

На основании данного алгоритма была составлена программа, моделирующая поступление трех пуассоновских потоков на исходящую линию связи с использованием метода адаптивного управления. При помощи данной программы исследовалось, как изменяется пропускная способность исходящей линии связи в зависимости от различных средних значений нагрузки поступающих пуассоновских потоков.

Для сравнения, было проведено аналогичное исследование без использования метода адаптивного управления.

Исследование проводилось при следующих условиях:

- Скорость исходящей линии связи - 39
- Емкость буфера - 60
- Начальные величины вероятностей поступления каждого из потоков:
 - (кредит) - 0.5;

- достоверность - 0.95;
- число серий испытаний - 3;
- число испытаний в серии - 10;
- цикл каждого испытания - 100000.

Результаты исследования представлены в Табл. 1 и на Рис. 5.

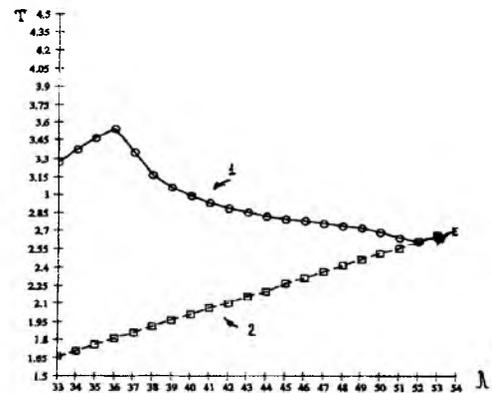


Рисунок 5. Зависимость пропускной способности исходящей линии связи (Т) от различных средних значений

На Рис.5 линией 1 показаны результаты, полученные с использованием механизма адаптивного управления, линией 2 – без использования механизма адаптивного управления

Далее, сравнивались потери, возникающие при передаче нагрузки при использовании механизма адаптивного управления, с потерями, возникающими при передаче эквивалентной нагрузки без использования механизма адаптивного управления.

Результаты исследования представлены в Табл. 2 и на Рис. 6. Показаны оценки сверху полученных значений нагрузки поступающих пуассоновских потоков (λ).

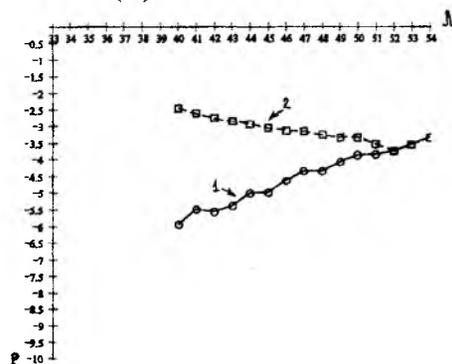


Рисунок 6. Сравнение потерь (Р), возникающих при передаче нагрузки при использовании механизма адаптивного управления, и без использования механизма адаптивного управления

На рис.6.линией 1 показаны результаты, полученные с использованием механизма адаптивного управления, линией 2 – без использования механизма адаптивного управления. На

Рис.6. изображен десятичный логарифм потерь. Исследования показали, что применение адаптивного алгоритма управления позволяет

увеличить пропускную способность исходящей линии связи на 15-20 процентов.

Таблица 1. Результаты исследования

Точка на графике (ось абсцисс)	Среднее значение нагрузки			Пропускная способность	
	1-го канала	2-го канала	3-го канала	С использованием механизма адаптивного управления	Без использования механизма
33	11	11	11	3.27E+06	1.66E+06
34	12	11	11	3.37E+06	1.71E+06
35	12	12	11	3.47E+06	1.76E+06
36	12	12	12	3.55E+06	1.81E+06
37	13	12	12	3.35E+06	1.86E+06
38	13	13	12	3.16E+06	1.91E+06
39	13	13	13	3.06E+06	1.96E+06
40	14	13	13	2.99E+06	2.01E+06
41	14	14	13	2.93E+06	2.06E+06
42	14	14	14	2.88E+06	2.10E+06
43	15	14	14	2.85E+06	2.16E+06
44	15	15	14	2.82E+06	2.20E+06
45	15	15	15	2.79E+06	2.26E+06
46	16	15	15	2.78E+06	2.31E+06
47	16	16	15	2.76E+06	2.36E+06
48	16	16	16	2.74E+06	2.41E+06
49	17	16	16	2.72E+06	2.46E+06
50	17	17	16	2.69E+06	2.51E+06
51	17	17	17	2.64E+06	2.55E+06
52	18	17	17	2.61E+06	2.61E+06
53	18	18	17	2.65E+06	2.66E+06
54	18	18	18	2.70E+06	2.70E+06

Таблица 2 Результаты исследования

Точка на графике (ось абсцисс)	Потери при использовании механизма адаптивного управления	Потери без использования механизма адаптивного управления
40	1.183E-0640	3.612E-03
41	3,334E-06	2.482E-03
42	2,828E-06	1.767E-03
43	4,270E-06	1.436E-03
44	9,874E-06	1.234E-03
45	1,080E-05	8.768E-04
46	2,313E-05	7.615E-04
47	4,812E-05	7.193E-04
48	4,818E-05	5.647E-04
49	8,888E-05	4.802E-04
50	1,415E-04	4.563E-04
51	1,465E-04	3.014E-04
52	1,879E-04	1.926E-04
53	2,974E-04	2.945E-04
54	4,701E-04	4.678E-04

Таким образом, использование метода адаптивного управления позволяет увеличить пропускную способность исходящей линии связи. При большем числе входящих виртуальных каналов, можно получить еще большее увеличение пропускной способности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Буассо М., Деманж М., Мюнье Ж.-М. Введение в технологию АТМ. М. Радио и Связь, 1997.
- [2]. Лазарев В.Г. Интеллектуальные цифровые сети. М. Финансы и Статистика, 1996.
- [3]. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ: технологии высокоскоростных сетей. М. Радио и Связь, 1998.
- [4]. Лазарев В.Г., Лазарев Ю.В. Динамическое управление потоками информации в сетях связи. М. Радио и Связь, 1983.