



УДК 681.324

В. П. Симоненко, д-р техн. наук, **А. В. Падий**
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический ин-т»
(Украина, 03056, Киев, пр-т Победы, 37, кор. 18,
тел. (044) 4549044, E-mail: svp@comsys.ntu-kpi.kiev.ua)

Адаптивный метод устранения перегрузок в коммутаторах сетей с асинхронным способом передачи данных

Рассмотрен новый подход, позволяющий уменьшить потерю пакетов при переполнении буферов в коммутаторах с асинхронным способом передачи данных в результате сглаживания профиля входящего трафика. Исследована эффективность предлагаемого адаптивного метода управления буфером и приведены данные, позволяющие оценить целесообразность его применения.

Розглянуто новий підхід, який дозволяє зменшити втрату пакетів при переповненні буферів у комутаторах з асинхронним способом передачі даних в наслідок згладжування профілю вхідного трафіка. Досліджено ефективність запропонованого адаптивного методу управління буфером та наведено дані, що дозволяють оцінити доцільність його застосування.

Ключевые слова: асинхронный способ передачи данных, перегрузка, сети, коммутация.

Асинхронный способ передачи данных (Asynchronous Transfer Mode (ATM)) — это транспортный механизм, предназначенный для установления соединения при передаче информации в сети [1, 2]. В ATM была разработана концепция виртуальных соединений вместо выделенных физических связей между конечными точками в сети. Основными преимуществами данной технологии являются высокоэффективная связь и большая гибкость в построении сетей, где связь между узлами сети необходима независимо от их физического местоположения.

Технология ATM не предусматривает возможности восстановления потерянных ячеек, так как передача мультимедийного трафика подразумевает высокую чувствительность к задержкам, которые могут появиться вследствие различных проверок, коррекции ошибок и других действий. Поэтому проблема потери ячеек в данном случае решается полным отбрасыванием всех остальных ячеек пакета, а пакет пересылается повторно (коммутатор будет продолжать отбрасывать ячейки до тех пор, пока не

обнаружит указатель конца пакета в заголовке очередной ячейки). Устранение поврежденных пакетов выполняется с помощью двух основных механизмов: раннего сброса пакета — Early Packet Discard (EPD) и сброса остатков пакета — Tail Packet Discard (TPD). Принадлежность ячеек к определенному пакету коммутатор определяет с помощью поля Payload Type (PT) в ее заголовке.

Проблемы управления трафиком и методы его формирования.

Проблемы устранения критических задержек передачи пакетов возникают в сети АТМ при появлении перегрузок, которые могут произойти в силу следующих причин.

1. Несколько потоков, поступающих с разных входных линий, одновременно устремляются на одну и ту же выходную линию. Очередь на этой линии может возрасти, превышая критическое значение, в связи с чем увеличивается время задержки в коммутаторе. В это время источник начинает повторную посылку пакетов, так как они слишком долго находятся в очереди. При наступлении насыщения буфера начнется сбрасывание пакетов. Не получая сообщения о прохождении, отправитель повторяет их снова и снова, еще более усугубляя положение получателя.

2. Недостаточная скорость процессора при корректировке таблиц, размещении пакетов в буфере и других подобных операциях.

3. Малая пропускная способность линии.

Для формирования трафика используются преимущественно различные методы сглаживания неравномерности входного потока ячеек. Данная процедура позволяет сформировать более предсказуемый профиль трафика для каждого соединения и таким образом снизить вероятность потери ячеек и необоснованного захвата сетевых ресурсов отдельными потоками. Пользователь, в свою очередь, определяет, какую последовательность ячеек он имеет право передать в сеть за определенный период времени. При этом пользовательское оборудование преобразует исходный поток ячеек таким образом, что в результате входящий в сеть поток соответствует оговоренным параметрам трафика. Без наличия данного механизма поток ячеек может не соответствовать согласованным параметрам, и тогда сеть не сможет гарантировать требуемое качество обслуживания.

Существуют следующие методы формирования трафика:

1. Буферизация лишних ячеек перед входением в так называемое «дырявое ведро».

2. Помещение ячеек от множества виртуальных соединений в очередь; их последующее отправление планируется с учетом соблюдения параметров трафика.

3. Снижение пиковой скорости передачи ячеек.
4. Ограничение объема посылки.
5. Ограничение скорости отправителя.

При установлении виртуального соединения пользователь должен обеспечить договоренную форму трафика, в результате чего транспортная среда обеспечивает доставку ему трафика с определенной скоростью. Для мультимедийных приложений в реальном времени это очень важно.

Адаптивное управление буфером в коммутаторах АТМ. Применяя описанные механизмы [3], можно значительно уменьшить потери ячеек, но полностью устранить их не представляется возможным. Если буферное пространство коммутаторов перенасыщено, то ячейки будут отбрасываться, так как коммутатор не сможет обрабатывать их с той скоростью, с которой они поступают, и отправлять на следующий узел, освобождая буфер. Следовательно, необходимо принимать решение о том, какие именно ячейки необходимо отбрасывать (с учетом того, что требования отдельных виртуальных соединений к буферизации находятся в постоянном конфликте с необходимостью обеспечения справедливого доступа к единому буферному пространству). Учитывая это, выбор ячеек для удаления следует проводить в соответствии с такими основными правилами:

соблюдение качества обслуживания для каждого виртуального соединения;

справедливое распределение ресурсов между отдельными соединениями;

эффективное использование выделенного буферного пространства.

Большинство коммутаторов АТМ [4] реализует статический алгоритм удаления ячеек с фиксированными граничными условиями, графически представленный на рис. 1, а. Однако такой алгоритм не способен обеспечить равномерное распределение ресурсов между соединениями, и кроме того, буферное пространство используется неэффективно. Ячейки отбрасываются коммутатором без учета категории сервиса, поддерживаемого каждым виртуальным соединением, и без учета занятости общего буферного пространства.

Адаптивный алгоритм сброса ячеек (рис. 1, б) устраняет описанные проблемы. В этом случае профиль кривой определяется для каждого виртуального соединения индивидуально в связи с поиском оптимальной производительности для данного соединения. При использовании этого алгоритма решение о сбросе ячеек принимается в соответствии с текущими условиями работы и основывается на числе ячеек в буфере для каждого соединения и для соответствующей службы.

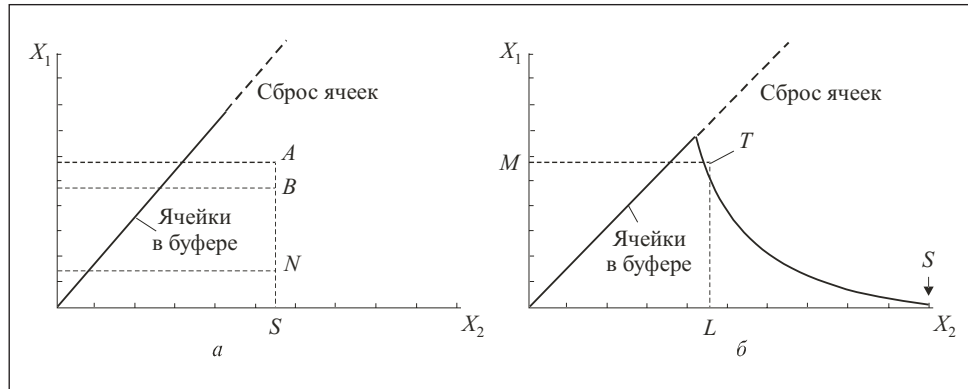


Рис. 1. Статический (а) и адаптивный (б) алгоритмы удаления ячеек: X_1 — число ячеек одного соединения в буфере; X_2 — общее число ячеек в буфере; S — размер буфера; A, B, N — фиксированные границы сброса для различных соединений; M и L — текущее число ячеек в буфере для данного соединения и для всех соединений определенной службы; T — точка мгновенного принятия решения о сбросе

Службы ATM:

1. CBR, nrtVBR, rtVBR — с гарантией доставки. Требуемый объем сетевых ресурсов и буферного пространства в коммутаторах должен быть доступен для отдельных соединений в каждый момент времени и определяется трафик-контрактом.

2. ABR, UBR — с доставкой по мере возможности. Службы конкурируют за общий пул буферного пространства и за оставшуюся пропускную способность после установления соединений (CBR, nrtVBR, rtVBR) с гарантией доставки.

Для служб CBR, nrtVBR, rtVBR и ABR/UBR строятся адаптивные кривые сброса. Кроме того, адаптивные кривые формируются и для отдельных виртуальных соединений, что дает возможность управлять сбросом как на уровне ячеек, так и на уровне пакетов (рис. 2).

Рассмотрим вариант обеспечения разделения ресурсов для отдельных виртуальных соединений адаптивными кривыми сброса ячеек, представленный на рис. 3, где кривая описывает схему принятия решений для трех виртуальных соединений, поддерживающих службу ABR.

Несмотря на то что все виртуальные соединения относятся к одной адаптивной кривой, каждое из них соответствует различным точкам принятия решений о сбросе ячеек. Место этих точек определяется с учетом занятого буферного пространства. В приведенном примере ячейки в виртуальном соединении N передаются на малой скорости, занимая неболь-

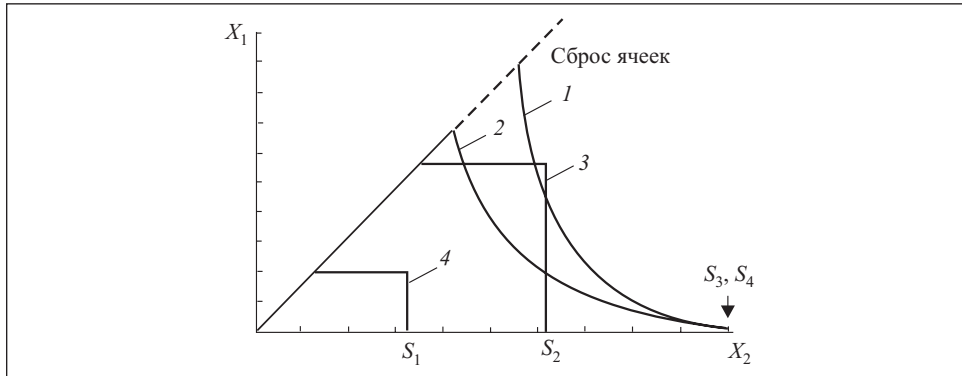


Рис. 2. Адаптивные кривые сброса ячеек для различных служб: X_1 и X_2 — число ячеек одного соединения и общее число ячеек в буфере; S_1, S_2, S_3, S_4 — размер буфера соответственно для CBR, VBR, ABRU, UBR; 1, 2, 3, 4 — границы сброса соответственно для UBR, ABR, VBR, CBR

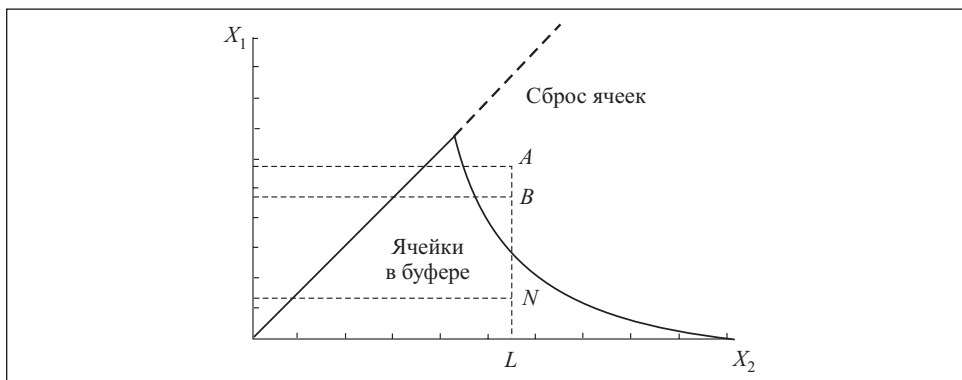


Рис. 3. Предоставление требуемого доступа к ресурсам: X_1 и X_2 — число ячеек одного соединения и общее число ячеек в буфере; L — текущее число ячеек в буфере для трех соединений определенной службы; A, B — соединения в области сброса; N — соединение в области буферизации

шой процент буферного пространства. В этом случае соединение попадает в область под кривой, в которой поступающие ячейки будут сохраняться в буфере. Виртуальные соединения A и B функционируют на более высоких скоростях, и каждое из них занимает больший объем буферного пространства. В результате они смещаются в область над кривой, где все поступающие ячейки будут отбрасываться коммутатором. Такая организация позволяет исключить взаимное влияние виртуальных соединений, обеспечивая при этом обработку, соответствующую режиму работы каждого из них.

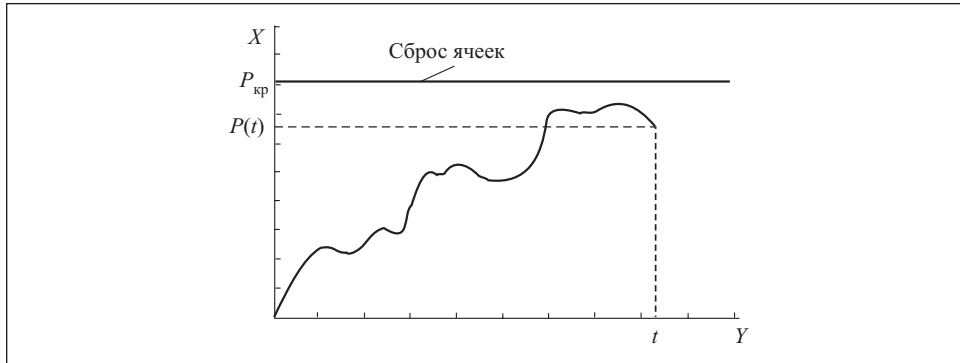


Рис. 4. График заполненности буфера в каждый момент времени: X — общее число ячеек в буфере; Y — время

Адаптивный метод устранения перегрузок в коммутаторах АТМ.

Для построения адаптивного алгоритма устранения перегрузок необходимо определить исходные условия. Известна функция $P(t)$ (рис. 4), которая в момент времени t отображает текущее заполнение буфера. Известна ее верхняя граница $P_{кр}$, являющаяся предельным размером этого буфера для службы, а также время реакции ΔT системы. Последняя величина может существенно варьироваться в зависимости от того, передается сигнал о заполнении только соседним коммутаторам, или ему нужно пройти некоторую их цепочку до первоначального источника соединения.

Рассмотрим условия, при выполнении которых должно инициироваться уменьшение интенсивности либо уменьшение скорости поступления пакетов по входным каналам рассматриваемого коммутатора:

1. $P(t) \geq \mu P_{кр}$, где μ — коэффициент пропорциональности (выбирается с учетом требований к степени загруженности буфера для определенной службы), $\mu < 1$.

Нецелесообразно влиять на интенсивность поступления пакетов, если в текущий момент времени буфер заполнен менее, чем на величину $\mu P_{кр}$, так как различные проверки будут замедлять его работу, а принудительное сглаживание трафика в таких условиях неактуально.

$$2. \frac{dP(t)}{dt} > 0.$$

В данном случае используется геометрический смысл производной: наблюдая изменения угла наклона касательной, можно избирательно оперировать с возрастающим или убывающим фрагментом графика. Именно при положительной динамике трафика могут понадобиться определенные

действия по его сглаживанию. Эта характеристика определяет скорость заполнения буферного пространства.

3. $P(t) + S \rightarrow P_{кр}$, где S — переменная, характеризующая возможный (прогнозируемый) прирост заполнения буфера за время ΔT ,

$$S = \frac{dP(t)}{dt} \Delta T.$$

Здесь используется физический смысл производной, который заключается в нахождении точечной скорости изменения функции. Умножая полученную скорость на ΔT , можно отслеживать прогнозируемый прирост заполнения буфера и учитывать время, необходимое для реакции системы. Если при проверке окажется, что значение $P(t) + S$ близко к $P_{кр}$, следует применить более агрессивную политику подавления входящего трафика, но не за счет удаления пакетов, а регулируя скорость передачи в отдельных виртуальных каналах. Таким образом достигается адаптивность, и чем ближе искомое значение к $P_{кр}$, тем меньшей должна быть интенсивность поступления пакетов на вход коммутатора.

Выводы. Рассмотренные подходы позволяют алгоритмизировать принцип работы коммутаторов при необходимости принудительного сглаживания профиля входящего трафика в каналах сетей АТМ. Однако нельзя дать однозначного ответа на вопрос, какой из применяемых сегодня алгоритмов лучше. Это необходимо рассматривать для каждого случая отдельно, исходя из того, какой интерфейс более приемлем для решения той или иной задачи.

Адаптивный метод рекомендуется только для ТСП/ІР сетей, применение его в AppleTalk или Novell ІРХ может привести к «шторму» пакетов сети. Без управления трафиком или при недостаточно эффективной его реализации теряются практически все преимущества АТМ по сравнению с синхронным режимом, а также преимущества коммутации ячеек АТМ по сравнению с другими типами быстрой коммутации. Неэффективная реализация алгоритмов обслуживания очередей, неправильная расстановка приоритетов обслуживания трафика, отсутствие контроля за взаимовлиянием потоков трафика — все эти, как и многие другие, негативные факторы могут значительно снизить полезную пропускную способность сети.

A new approach has been considered which permits decreasing the loss of packages under buffers overflow in commutators with asynchronous methods of data transfer as a result of smoothing the called traffic. Efficiency of the offered adaptive method of buffer control has been investigated, data are presented which allow estimating expediency of its application.

1. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2003. — 992 с.
2. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ: Технология высокоскоростных сетей. — М.: Эко-трендз, 1998.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. — СПб.: Питер, 1999. — 672 с.
4. Кульгин М. Контроль трафика в сетях АТМ. LAN//Журнал сетевых решений.— 1998. — №12(98).

Поступила 04.12.08

СИМОНЕНКО Валерий Павлович, д-р техн. наук, проф. каф. вычислительной техники Национального технического университета Украины «КПИ», который окончил в 1965 г. Область научных исследований — организация вычислительных процессов в системах массового параллелизма.

ПАДИЙ Антон Викторович, бакалавр, магистрант каф. вычислительной техники Национального технического университета Украины «КПИ». Область научных исследований — повышение характеристик качества обслуживания (QoS) в компьютерных системах, адаптивное управление трафиком в компьютерных сетях.