

УДК 621.3:681.3

О.Г. НАТРОШВИЛИ, А.И. ПРАНГИШВИЛИ, Н.О. НАТРОШВИЛИ

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ АНАЛИЗАТОР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИЗБЫТОЧНЫМИ ПАКЕТАМИ, НАКОПЛЕННЫМИ В ПИКОВЫЕ МОМЕНТЫ ПЕРЕГРУЗКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

*Грузинский технический университет,
0175, ул. Костава 77, г. Тбилиси, Грузия
тел.: 995 32 534964, E-mail: otarovna@yahoo.com*

Аннотация. Рассматриваются методы создания и применения оптоэлектронных анализаторов для определения суммарной длительности задержки во входные интерфейсы транзитных коммутационных узлов избыточных пакетов, накопленных в периоды перегрузки компьютерной сети. Разработанный анализатор позволяет оптимально регулировать информационные потоки высокой интенсивности, эффективно размещая и обрабатывая в критические моменты времени накопленные пакеты в буферной памяти коммутаторов, значительно увеличивая этим надёжность операций приёма-передачи клиент-серверных пакетов.

Abstract: Creation and application methods are considered optoelectronic analyzers for definition of the total duration of a delay in entrance interfaces of the transit switching knots of the superfluous packages which have been saved up during the periods of an overload of a computer network. The developed analyzer allows optimum to regulate information streams of the high intensity, effectively placing and processing in the critical time moments the saved up packages in buffer memory switchboards, considerably increasing it reliability of operations priyomo-transfers of client-server packages.

Ключевые слова: компьютерная сеть, транзитные коммутаторы, клиент-серверные избыточные пакеты, анализаторы.

Key words: computer network, transit switchboards, client-server superfluous packages, analyzers.

ВВЕДЕНИЕ

Исходя из широкой потребности на серверные услуги, предоставленные компьютерными сетями, большое значение приобретают быстрые и надёжные передачи клиент-серверных пакетов (особенно в текущее реальное время «диалога» потребителя услуг к сетевой системе). С этой точки зрения своевременные приёмо-передачи пакетов (или их отдельных частей – дейтаграмм, содержащих сообщения типа «требования - ответы») между компьютерами хостов, часто задерживаются из-за накопления в пиковые моменты времени избыточных пакетов на входы и выходы интерфейса транзитных коммутаторов сети [1-4]. В основном это вызвано возникновением информационных потоков высокой интенсивности в пиковые часы работы коммутаторов, с обработкой пакетов которых не «справляются» транзитные коммутаторы порой из-за малого быстродействия или их недостаточной производительности [3]. Возникновение таких явлений (накопление избыточных пакетов) также вызвано неоднородностью транзитных коммутаторов (имеется в виду их технические возможности), которые производятся различными фирмами – изготовителями (как уже отметили, выпускаемые ими коммутаторы отличаются друг от друга параметрами быстродействия и производительности). Накопление пакетов происходит также и потому, что в транзитных коммутационных узлах ко входным и выходным портам присоединены коммуникационные каналы (физические линии связи) различной скорости, которые находятся в подчинении и управляются также различными провайдерами связи.

Для того, чтобы при возникновении большой нагрузки сети не происходили потери или искажение избыточных пакетов в пиковые часы передач, необходимо их временное (краткосрочное) размещение в буферной памяти транзитных коммутационных устройств, которыми оснащены почти все современные коммутаторы. Следует также отметить, что даже при современном уровне развития технологии изготовления объёмы буферной памяти таких коммутаторов с технической точки зрения хотя довольно большие, но всё таки они ограничены, поэтому всегда имеет смысл с целью рационального

использования этих объёмов, предварительно определить в транзитных узлах (особенно в больших сетях) текущие положения нагрузок, т.е. проанализировать временные длительности задержки накопленных в пиковые моменты во входные интерфейсы коммутаторов избыточных транзитных пакетов для того, чтобы оптимально использовать имеющиеся у них (у коммутаторов) объёмы буферной памяти для их размещения.

Исходя из остроты отмеченной выше проблемы, для её решения весьма важно разработать специальное (в нашем случае на оптоэлектронных принципах) аппаратно – программное средство – сетевой анализатор, который при прохождении таких пакетов через транзитные участки, быстро проконтролирует вышеупомянутые ситуации и будет способствовать устранению подобных «болезненных мест» в сети. Если более конкретизировать, будут устранены случаи искажения, потери или доставки пакетов со значительными опозданиями в пиковые часы работы компьютерной сети.

Авторами данной статьи предложен эффективный метод определения такими анализаторами суммарные длительности задержки избыточных клиент-серверных пакетов в интерфейсах волоконно-оптических линий связи. Рассмотренный далее этот метод положен в качестве основы для построения анализаторов вышеупомянутого назначения. Их применение несомненно будет способствовать увеличению надёжности функционирования сети при передаче высокоинтенсивного трафика между хостовыми рабочими станциями.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из эффективных подходов успешного решения отмеченной выше проблемы основан на определении длительности задержки избыточных пакетов сетевым анализатором во входные порты транзитных узлов. Теоретическая сущность метода заключается в следующем. Во входные порты коммутатора из множества накопленных избыточных пакетов выбирается (процессорами анализатора) такой пакет, у которого в отличие от других имеется самый короткий размер, т.е. имеет наименьшую длительность времени для выдачи на выходной порт коммутатора (разумеется после обработки управляемой очереди, созданной из временно размещённых пакетов в буферной памяти). Это значение длительности пакета (отметим через xt , где x – любое положительно число, отличное от нуля) умножается на общее количество избыточных пакетов, накопленных на входном порту и анализируемых на данном этапе проверки. Полученный после умножения результат подаётся в качестве первого слагаемого на вход накапливающего оптоэлектронного сумматора временных длительностей операционного устройства анализатора. Это минимальное значение, т.е. $xt = x_{\min}t$ вычитается от длительности каждого анализируемого во множестве пакета и определяются для них текущие остатки. Ясно, что в остатке пакетов, у которых $xt = x_{\min}t$ минимальная длительность, остаются нулевые значения (этой процедурой также уменьшается и количество накопленных (и анализируемых) на входном порту пакетов). В следующем цикле во вновь сформированном множестве, т.е. в образованном новом множестве текущих остатков снова отыщется пакет минимальной длительности $xt = x_{\min}t$ и вышеупомянутые процедуры продолжают, т.е. итерационно выполняются они до тех пор, пока не останется конечный остаток длительности (значение остальных становится всё нулём), значение которого (оно получается умножением этого последнего остатка на количество в конечном множестве пакетов, т.е. на 1) в качестве последнего слагаемого добавляется накапливающему сумматору операционного устройства анализатора. По окончании последнего цикла итерации на выходе накопителя формируется величина, которой отражается суммарная длительность всех анализируемых избыточных пакетов, поступивших на вход интерфейса волоконно-оптической линии транзитного узла.

Таким образом, этой величиной анализатор устанавливает суммарную длительность времени задержки пакетов, т.е. сколько времени эти избыточные пакеты должны быть временно размещены в буферной памяти коммутатора, пока «не затихнет» (не уменьшится) пиковая нагрузка в компьютерной сети, после чего «очищается» эта буферная память и подготавливается для приёма временного хранения очередных избыточных пакетов (в случае необходимости).

Работа анализатора основана на оптоэлектронных принципах и средствах. Применяются блоки с регистрами на оптронах для определения, суммирования и фиксации временных длительностей, возникших в волоконно-оптическом канале избыточных пакетов. Аппаратная часть операционной системы анализатора (для сравнения длительностей пакетов, умножения, вычитания и их суммирования) содержит оптоэлектронные блоки RS_1, RS_2, \dots, RS_n , где оптронами регистров фиксируются все параметры избыточных пакетов (у которых имеются различные значения временной длительности). Величины временных длительностей исходного множества избыточных пакетов отражается на оптоэлектронных регистрах RS_1 блока. Обозначим их через $RS_{11}, RS_{12}, \dots, RS_{1n}$ регистры соответственно. Методом сравнения оптоэлектронным процессором анализатора выбирается пакет, у которого имеется самая короткая длительность. В устройстве умножения это значение умножается на общее количество избыточных пакетов, которые входят во множестве (и зафиксировано оно в блоке RS_1). Полученный результат

умножения в качестве первого слагаемого подаётся на накапливающий оптоэлектронный сумматор временных длительностей этого анализатора. Этими процедурами заканчивается первый цикл итерации.

Для производства во втором цикле процедур формируется содержимое RS_2 блока. Для этой цели пакеты, имеющие наименьшую длительность, «срезаются» из множества пакетов блока RS_1 , т.е. производится операция вычитания длительностей (графически они «срезаются», как показано на рис. 1). Оставленные пакеты из блока RS_1 переписываются в блок RS_2 , т.е. формируется новое множество пакетов. Длительности этих пакетов фиксируются оптоэлектронными регистрами $RS_{21}, RS_{22}, \dots, RS_{2n}$. Естественно, количество пакетов, которое было в первом блоке RS_1 уменьшится. В блоке RS_2 остаются пустые места (на рис.1 они обозначены 0-ми). Далее во втором цикле итерации все процедуры повторяются, т.е. из нового множества во втором RS_2 блоке анализатором вновь выбирается такой избыточный пакет (пакеты), у которого на этом новом множестве имеется самая короткая длительность. Это значение умножается на общее количество пакетов RS_2 блока и полученный результат этого умножения в качестве второго слагаемого добавляется к содержимому накапливающего сумматора и т.д. Подобные итерации (точнее процедуры в дальнейших итерациях) продолжаются до тех пор, пока не будет зафиксирован последний пакет (в RS_n блоке), длительность которого умножается на количество оставшихся в RS_n блоке пакетов, т.е. умножается на 1, и в качестве последнего слагаемого добавляется к сумме накопителя временных длительностей анализируемых пакетов. Полученная величина (т.е. окончательная сумма) на выходе этого сумматора указывает на суммарную длительность всех избыточных пакетов, которые накопились на входном интерфейсе транзитного коммутационного узла и с учетом этого значения анализатор производит дальнейшие операции управления избыточными пакетами. В первую очередь определяет соответствующий (нужный) объём буферной памяти для размещения таких пакетов, накопленных в пиковые моменты времени и оптимально формирует из них (т.е. из размещённых пакетов) управляемые ряды (очереди пакетов для их выдачи из коммутатора). После обработки указанных рядов анализатор выбирает из них пакеты (соблюдая их приоритетные признаки) и выдаёт их на выходные порты этого транзитного узла.

Иллюстрации работы рассмотренного оптоэлектронного анализатора показаны на рис.1 и табл.1. Поясним его работу на конкретном примере более детально. Допустим на входных портах транзитного коммутатора в какой-то пиковый момент времени поступили 4 избыточных пакета. Для наглядности примера выбраны только 4 пакета с различными размерами (длительностями). В реальных условиях их количество может быть любым. В пиковые часы работы сети могут накапливаться тысячи и более таких избыточных пакетов. В рассмотренном примере исходные пакеты для анализа имеют t длительности (измеряемые допустим в миллисекундах): 1-ый пакет имеет длительность $8t$, 2-ой пакет - $9t$, 3-ий пакет - $15t$ и 4-й пакет - $10t$ соответственно. Из таблицы 1 видно, что в блоке RS_1 находится 4 пакета с разными, указанными выше цифрами длительности t (т.е. $8, 9, 15, \text{ и } 10$. см. рис. 1а). Из этих 4 пакетов анализатором выбирается пакет, у которого имеется самая короткая длительность, т.е. выбирается 1-ый пакет, у которого $x_{\min}t = 8$. Эта величина умножается на общее количество в блоке RS_1 пакетов, т.е. на 4 и устройстве умножения формируется результат $8 \times 4 = 32$. Это значение (32) в качестве первого слагаемого подаётся на накапливающий сумматор, где формируется исходное содержимое 32. Далее анализатором «срезается» в блоке RS_1 $x_{\min}t$ из пакетов (рис. 1а) и после этой процедуры (фактически «срезание») - это процедура вычитания) в блоке RS_1 остаются 3 пакета (см. на рис. 1а пустые клетки) с длительностями: $x_{\min}t=1$ (2-ой пакет), $x_{\min}t=7$ (3-ий пакет) и $x_{\min}t=2$ (4-ый пакет). Эти 3 пакета переписываются на регистр блока RS_2 , оптоэлектронными ячейками которых $RS_{21}, RS_{22}, \dots, RS_{2n}$ фиксируются их длительности. Далее реализуется следующий (второй) этап итерации, где все процедуры, которые были осуществлены на первом этапе, повторяются, т.е. в RS_2 (см. рис. 1б) вновь выбирается такой пакет, у которого имеется наименьшая длительность $x_{\min}t=1$ и в устройстве умножения это значение умножается на общее количество пакетов (в нашем примере их число стало уже 3), т.е. $1 \times 3 = 3$. Этот результат (3) в качестве второго слагаемого добавляется к числу 32, который уже находится в накапливающем сумматоре. В результате получается текущая сумма длительностей $32 + 3 = 35t$. Далее этим 3 пакетам «срезается» пакет, у которого $x_{\min}t = 1$ (см. рис. 1б), т.е. формируется содержимое нового RS_3 блока, где находятся уже 2 пакета (т.е. 3-й пакет длительности $6t$ и 4-й пакет длительности $1t$). Далее выполняется 3-ий цикл итераций со своими обязательными процедурами, подобными процедурам предыдущих циклов, т.е. из этих двух пакетов выбирается 4-й пакет, у которого минимальная длительность равна $x_{\min}t=1$. В устройстве умножения она умножается на общее количество пакетов, существующих в блоке RS_3 , т.е. $1 \times 2 = 2$ и эта величина (т.е. 2) в качестве третьего слагаемого прибавляется к числу 35 в накапливающем сумматоре, а остальным пакетам «срезается» пакет, у которого $x_{\min}t=1$ (см. рис. 1в).

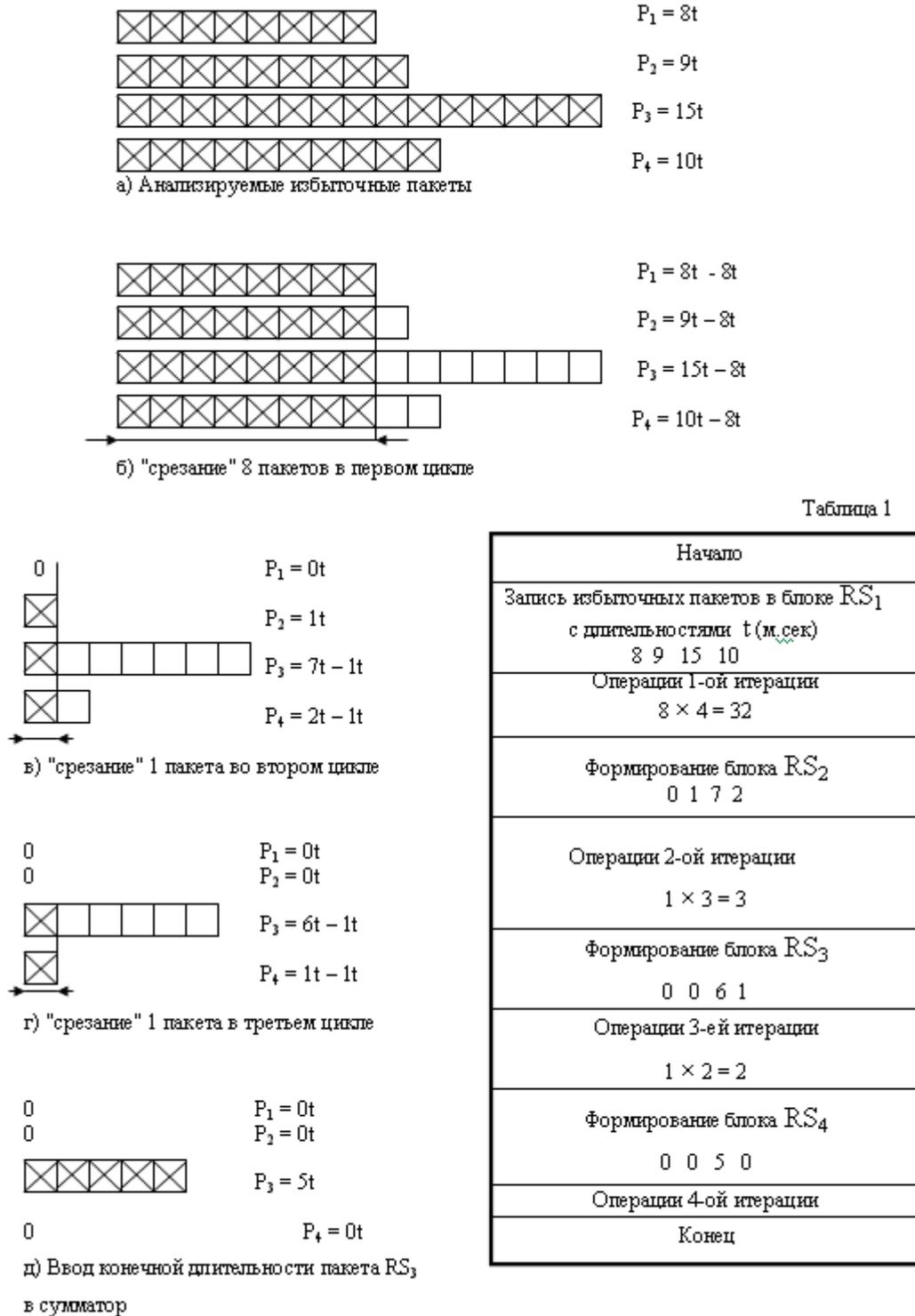


Рис. 1. Иллюстрации работы оптоэлектронного анализатора

После этой операции формируется содержимое очередного нового блока RS_4 . В нём находится только 1 пакет (т.е. только 3-ий пакет), длительность которого $x_{\min}t=5$. Во множительном устройстве анализатора формируется результат умножения $5 \times 1 = 5$ и в виду того, что в блоке RS_4 уже не осталось ни одного пакета, эта величина (т.е. число 5) в качестве четвёртого слагаемого добавляется в накапливающему сумматору, точнее прибавляется к уже сформированной в нём сумме (т.е. $37 + 5$) и на его выходе появляется величина суммарной длительности всех избыточных пакетов, которые поступили во входном интерфейсе, т.е. $t_2 = 32 + 3 + 2 + 5 = 42$, которая равна сумме временных длительностей,

фиксированных регистрами в исходном RS_1 блоке всех анализируемых избыточных пакетов (количество таких пакетов в нашем примере 4), т.е. фактически она равна сумме длительностей, накопленных в пиковый момент времени, избыточных пакетов во входном интерфейсе транзитного коммутационного узла $8 + 9 + 15 + 10 = 42$, т.е. $t_{\Sigma} = 42$, по которому анализатором определяется сколько времени будут задерживаться все избыточные пакеты в буферную память, пока они будут обрабатываться по приоритетным признакам и поочередно передаваться через выходные порты компьютера другим транзитным коммутационным узлам или конечным приёмным компьютерам хоста. В соответствии с этим, определяется также сколько объем буферной памяти требуется к этому моменту для временного (краткосрочного) размещения этих избыточных пакетов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интенсивные заявки потребителей сети на сервисные обслуживания со своей стороны порождают проблемы современных обменов клиент-серверными пакетами (особенно при пиковых нагрузках сети). Такие проблемы обостряются особенно тогда, когда источники и приемники сервиса (точнее хостовые компьютеры, осуществляющие передачи клиент-серверных пакетов) отдалены друг от друга большими географическими расстояниями и информационные пакеты вынуждены перемещаться через несколько транзитных узлов коммутации. Ввиду того, что линии связи транзитных участков, управляемые различными провайдерами, а так же коммутационные устройства на промежуточных (транзитных) узлах не везде отвечают предъявляемым к ним требованиям (как отметили выше, в основном по быстродействию и производительности), производится накопление избыточных пакетов и возникает необходимость их временного размещения в буферах коммутаторов этих транзитных узлов, объемы памяти которых, как отметили выше, ограничены. Исходя из этого, возникает так же необходимость использовать эти объемы оптимальным образом. Для успешной реализации этой задачи, услуги вышерассмотренного анализатора становятся весьма значительными, поскольку он позволяет оперативно определить длительность задержки в пиковые часы работы сети накопленных избыточных пакетов, эффективно регулировать выделение необходимых объемов буферной памяти для их размещения, эффективно управлять рядами, максимально сократить число случаев потери пакетов, или искажения в этих передаваемых пакетах, когда возникают перегруженные режимы работы увеличивая этими мероприятиями общую надежность функционирования сетевой системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы регулирования трафика компьютерных сетей в условиях "пульсации" информационными потоками высокой интенсивности / О.Г. Натрошвили и др.. Georgian engineering news. – №2. – 2005.
2. Слепов Н.И. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей / Н.И. Слепов. – Радио и связь, 2000. – 234с.
3. Олифер В. Новые технологии оборудования IP-сетей / В. Олифер, Н. Олифер. – СПб: БХВ - Санкт-Петербург, 2000. – 423с.
4. Optimum methods for distribution of information flows of high intensity in the network / O.G. Natroshvili, N.V. Gabashvili, L.M. Gochitashvili, G.A. Robitashvili. – Georgian engineering news. – №1, 2005. – с.34-42.

Надійшла до редакції 20.06.2010р.

НАТРОШВИЛИ О.Г – д.т.н., профессор направления компьютерных систем и сетей, Грузинский технический университет (ГТУ), г. Тбилиси, Грузия .

ПРАНШИШВИЛИ А.И. – д.т.н., профессор направления компьютерных систем и сетей, ректор ГТУ, чл.-корр. АН Грузии, президент инженерной академии Грузии, г. Тбилиси, Грузия.

ИМНАИШВИЛИ Л.Ш. – д.т.н., профессор направления компьютерных систем и сетей, начальник департамента компьютерной инженерии ГТУ, г. Тбилиси, Грузия.

НАТРОШВИЛИ Н.О. – докторант фак-та информатики и систем управления, Грузинский технический университет, г. Тбилиси, Грузия.