

УДК 681.3

А.С. МОХАММАД

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

МЕТОД УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРУЗКИ БУФЕРНОЙ ПАМЯТИ МАРШРУТИЗАТОРА

Неравномерность интенсивности трафика в сети, включающего как пользовательские данные, так и сетевую служебную информацию, обуславливает флуктуации загрузки буферной памяти маршрутизатора. Сглаживание таких флуктуаций позволит уменьшить загрузку буферной памяти, что, в свою очередь, уменьшит вероятность перегрузки. В данной статье предлагается метод уменьшения загрузки входной буферной памяти маршрутизатора, использование которого позволяет высвободить ресурсы входного буфера маршрутизатора посредством разгрузки находящихся в нем пакетов служебной сетевой информации в определенные интервалы времени.

Ключевые слова: маршрутизация, трафик, пакет, пропускная способность, служебная информация, беспроводная сеть передачи данных, интенсивность, загруженность.

Введение

Постановка проблемы в общем виде и анализ литературы. Основными задачами, которые решают методы маршрутизации служебных потоков информации, являются выбор маршрутов для различных пар маршрутизаторов в беспроводных сетях передачи данных (БСПД) и распределение потоков информации по ним, а также обеспечение корректной доставки сообщений адресатам после того, как были выбраны маршруты.

Решение задачи выбора маршрутов для различных пар маршрутизаторов в БСПД и распределение потоков информации по ним обеспечивается путем использования различных сетевых протоколов. Поэтому основное внимание будет уделено обеспечению корректности доставки сообщений адресатам и тому, как это влияет на характеристики БСПД.

Существуют три основные характеристики БСПД, на которые методы маршрутизации служебных потоков оказывают наиболее существенное влияние – пропускная способность, средняя задержка, а также время передачи данных в БСПД [1, 2].

Маршрутизация служебных потоков зависит от используемых в конкретной сети механизмов управления и маршрутизации потоков данных.

В случае, когда интенсивность трафика, поступающего в БСПД, не превышает величину доступной пропускной способности БСПД в текущий момент времени, он полностью будет принят сетью. В таком случае пропускная способность БСПД равняется сумме поступающей в нее нагрузки и периодически распространяемого служебного трафика.

При интенсивности входящей нагрузки, пре-

вышающей величину доступной пропускной способности БСПД в текущий момент времени, часть этой нагрузки не будет обслуживаться алгоритмом управления потоками. В общем случае пропускная способность БСПД равняется сумме входящей в БСПД нагрузки и периодически распространяемого служебного трафика [3].

Увеличение объема служебной информации, циркулирующей в БСПД, ведет к уменьшению объемов пользовательской информации, передаваемой в БСПД, в условиях скачкообразного изменения интенсивности потока пользовательской информации и числа отказов элементов сети. Для трафика, поступившего в сеть, средняя задержка будет зависеть от используемого метода маршрутизации [3].

На основе проведенного анализа литературы, можно сделать следующие выводы:

- возникновению перегрузок (блокировок) маршрутизаторов с последующей потерей части пакетов данных предшествует переполнение буферной памяти и резкое увеличение задержек пакетов;
- увеличение задержки пакетов зависит от коэффициента распределения быстродействия процессора маршрутизатора между пакетами данных различных категорий приоритетности;
- буферная память маршрутизатора заполняется прежде всего низкоприоритетными пакетами;
- служебные потоки являются наиболее низкоприоритетными потоками в БСПД, и заполнение буферной памяти зависит от их интенсивности, быстродействия процессора маршрутизатора и коэффициента распределения быстродействия процессора маршрутизатора между пакетами данных различных категорий приоритетности;

– загруженность маршрутизатора зависит от числа, проходящих через него маршрутов и интенсивности потоков, циркулирующих по ним.

Таким образом, неравномерность интенсивности трафика в сети, включающего как пользовательские данные, так и сетевую служебную информацию, что обуславливает флуктуации загрузки буферной памяти маршрутизатора, определяет **актуальность** проблемы разработки метода, позволяющего сглаживать такие флуктуации, и, как следствие, уменьшить загрузку буферной памяти. Следовательно, **целью данной статьи** является разработка метода уменьшения загрузки буферной памяти маршрутизатора.

Результаты исследований

Интервалы максимальной загрузки процессоров маршрутизатора непосредственно связаны с заполнением буферной памяти маршрутизатора и возникновением перегрузок маршрутизатора под влиянием периодических всплесков потоков служебной информации [4]. Процесс заполнения буферной памяти на интервалах максимальной загрузки процессоров маршрутизатора зависит от порождающих их причин и соответствующих условий в сети.

При последующем анализе такого процесса будем подразумевать наличие следующих условий:

– входной трафик, поступающий на обработку в маршрутизатор, включает потоки пользовательских данных и потоки служебной сетевой информации;

– пропускная способность (ПС) каналов связи, по которым трафик поступает в маршрутизатор, может превышать пропускную способность процессоров маршрутизатора, то есть суммарная интенсивность входного трафика может превышать суммарную интенсивность обслуживания процессоров маршрутизатора;

– интенсивность потока пакетов, которые необходимо передать пользователям по сети не зависит от ПС сети (ПС каналов связи и производительности маршрутизатора), то есть если интенсивность потока пакетов пользователей превышает ПС сети, то эта «избыточная интенсивность» в сеть не попадает, а ожидает в буферной памяти отправителя;

– интенсивность трафика, который необходимо обработать маршрутизатору, не зависит от ПС сети (но не может превышать ее), то есть если интенсивность трафика, поступающего в маршрутизатор, превышает ПС маршрутизатора, то такая «избыточная интенсивность» ожидает во входной буферной памяти маршрутизатора.

Исходя из вышеприведенных условий и рассмотренной структурной схемы маршрутизатора, проанализируем сущность процесса возникновения

перегрузок. Под перегрузкой маршрутизатора будем понимать отвержение маршрутизатором поступающих на его вход пакетов, независимо от их происхождения и содержания [5]. Очевидно, что перегрузка, по определению, наступит, если в момент поступления пакета заняты все процессоры маршрутизатора и занят весь объем буферной памяти. Максимальная загрузка маршрутизатора, согласно введенным ограничениям, будет при постоянном суммарном входном трафике, равном ПС маршрутизатора, то есть все процессоры заняты и буферная память свободна (или частично занята). Из этого следует, что причиной перегрузки является переполнение буферной памяти маршрутизатора [6].

Рассмотрим механизм внутренних процессов, протекающих в маршрутизаторе при постоянном суммарном входном трафике, равном пропускной способности процессоров маршрутизатора. Заполнение входной буферной памяти маршрутизатора происходит на интервалах времени, когда постоянный суммарный входной трафик (состоящий как из пакетов пользовательских данных, так и из пакетов служебной сетевой информации) равен (или больше) пропускной способности процессоров маршрутизатора [7]. Соответственно интенсивность заполнения буферной памяти зависит от интенсивности потока служебной информации, генерирующейся в сети, а также от периодичности и длительности интервалов такой генерации.

Аналитические выражения, характеризующие процесс перегрузок, исходя из вышеизложенного, зависят от суммарной интенсивности входного трафика $\lambda_{свп}$, которая, в свою очередь, зависит от суммарной интенсивности генерации потока информации пользователями $\lambda_{пи}$ и динамически изменяется во времени, то есть $\lambda_{пи} = f(t)$.

В соответствии с вышеизложенным материалом, объем потока информации, генерируемого пользователями на интервале $[0;T]$ равен [8]

$$V_{пи} = \int_0^T f(t)dt.$$

Тогда суммарный объем избыточной информации, исходящей от пользователя и которая хранится в его буферной памяти, можно представить как

$$\begin{aligned} V_{изб}^{сум} &= \sum_{i=1}^I V_{изб}^{(i)} = \sum_{i=1}^I \int_{t_i}^{t'_i} (f(t) - D_{пор}) dt = \\ &= \sum_{i=1}^I (f(t_i^{(cp)}) - D_{пор})(t'_i - t_i), \end{aligned}$$

где $V_{изб}^{(i)}$ – объем избыточной пользовательской информации на i -м интервале (t_i, t'_i) , $D_{пор}$ – абсолют-

ная (пороговая) пропускная способность процессоров маршрутизатора, $t_i^{(cp)} \in (t_i, t'_i)$ – точка i -го интервала, позволяющая перейти от интегральной записи к аддитивной (в силу непрерывности $f(t)$ находится по теореме Лагранжа).

Рассмотрим I интервалов, следующих за интервалами избыточности $a_i = (t'_i, t_{i+1})$, $t_{i+1} = T$. В этих интервалах суммарная интенсивность входного потока не превышает значения $D_{пор}$, а объем пользовательской информации на интервале a_i равен

$$V^{(i)} = \int_{t'_i}^{t_{i+1}} f(t) dt.$$

Если для i -го интервала избыточности выполняется условие

$$V^{(i)} \geq V_{изб}^{(i)}, \tag{1}$$

то всегда существует значение t_i'' ($t_i'' > t'_i$; $t_i'' < t'_{i+1}$), позволяющее на интервале a_i компенсировать перегрузку на i -м интервале избыточности, то есть

$$\int_{t_i}^{t'_i} f(t) dt - D_{пор}(t'_i - t_i) = D_{пор}(t_i'' - t'_i) - \int_{t'_i}^{t_i''} f(t) dt.$$

В результате на интервале $[t_i, t_i'']$ функция $f(t)$ модифицируется следующим образом:

$$f^{(M)}(t) = \begin{cases} f(t), & t \notin [t_i, t_i'']; \\ D_{пор}, & t \in [t_i, t_i'']. \end{cases}$$

Очевидно, что чем выше интенсивность потока пользовательской информации, тем быстрее наступит момент переполнения буферной памяти маршрутизатора (в том числе служебной сетевой информацией) и поступивший в этот момент времени на вход маршрутизатора пакет будет отброшен.

Для исключения потери пакетов на временном интервале активности $(0, T)$ необходим размер буферной памяти маршрутизатора, позволяющий сохранить весь избыточный поток, то есть

$$V_{загр.буф.}^{(0, T)} \geq V_{изб}^{сум}.$$

Суть предлагаемого метода уменьшения загрузки буферной памяти маршрутизатора заключается в реализации механизма разгрузки служебной сетевой информации из буферной памяти маршрутизатора в интервалы времени, следующие за интервалами максимальной загрузки, когда частично высвобождаются ресурсы маршрутизатора в результате уменьшения интенсивности входного трафика.

Для учета интервалов, на которых не выполняется условие (1), введем вспомогательную функцию:

$$\delta(x) = \begin{cases} x, & x > 0; \\ 0, & x \leq 0. \end{cases}$$

Тогда минимально необходимый объем буферной памяти маршрутизатора при использовании предлагаемого метода равен:

$$\begin{aligned} V_{треб.буф.}^{(0, T)} &= \\ &= \sum_{i=1}^I \delta \left(\int_{t'_i}^{t_i} (f(t) - D_{пор}) dt - \int_{t'_i}^{t_{i+1}} (D_{пор} - f(t)) dt \right) = \\ &= \sum_{i=0}^I \delta \left(\left(f(t_i^{(cp)}) - D_{пор} \right) (t'_i - t_i) - \right. \\ &\quad \left. - \left(D_{пор} - f(t_i^{(cp)*}) \right) (t_{i+1} - t'_i) \right), \end{aligned}$$

где $t_i^{(cp)*}$ рассчитывается для интервала a_i по теореме Лагранжа так же, как и $t_i^{(cp)}$ для интервала перегрузки.

Таким образом, размер буферной памяти маршрутизатора, требуемый для хранения информации во время периодов максимальной загрузки, при использовании предложенного метода может быть рассчитан согласно следующему выражению:

$$V_{буф.} = V_{загр.буф.}^{(0, T)} - V_{треб.буф.}^{(0, T)} \geq 0,$$

что позволяет снизить требования к размеру буферной памяти маршрутизатора.

Отсюда следует, что для решения задачи уменьшения времени передачи данных в беспроводной сети возможно использование двух подходов: динамическое управление интенсивностью потока пользовательской информации (например, оконным способом на транспортном уровне, основываясь на сообщениях сетевого уровня, передаваемых вверх по стеку протоколов) и управление потоком служебной сетевой информации (который генерирует сам маршрутизатор) на основе информации о периодах максимальной загрузки. Методы динамического управления затрагивают транспортный уровень стека протоколов и должны основываться на сообщениях, посылаемых сетевым уровнем, что достаточно сложно в реализации и требует больших затрат ресурсов, таким образом, снижая круг БСПД, в которых возможно их применение [9, 10]. Таким образом, наиболее рационально регулировать поток служебной информации, генерируемой маршрутизатором, путем разработки метода уменьшения времени передачи данных в БСПД за счет рациональной маршрутизации служебной информации на базе метода маршрутизации, применяемого в протоколе OSPF.

Выводы

Таким образом, в данной статье предложен метод уменьшения загрузки буферной памяти маршрутизатора, который позволяет уменьшить объем служебной сетевой информации, находящейся в буферной памяти маршрутизатора, за счет реализации механизма разгрузки последней в интервалы времени, следующие за интервалами максимальной загрузки, когда частично высвобождаются ресурсы маршрутизатора.

Направление дальнейших исследований – разработка подходов, позволяющих уменьшить время передачи данных в беспроводных сетях передачи данных.

Литература

1. Федотов, А.Е. *Технология управления распределенными сетями [Текст] / А.Е. Федотов // Сети и системы связи. – 1996. – № 1. – С. 56 – 59.*
2. Хаусли, Т. *Системы передачи и телеобработки данных [Текст]: пер. с англ. / Т. Хаусли; под ред. Ю.М. Мартынова. – М.: Радио и связь, 1994. – 452 с.*
3. Максименков, А.В. *Выбор выделенных каналов связи и оптимизация потока в сети с пакетной коммутацией [Текст] / А.В. Максименков // Киббернетика. – 1983. – №6. – С. 72 – 76.*
4. Кучук, Г.А. *Адаптивна маршрутизація інформаційних потоків геоінформаційних системах [Текст] / Г.А. Кучук, А.А. Пашинев, О.О. Болюбаи // «Соціально-економічні та екологічні проблеми використання і охорони земель в умовах реформування земельних відносин». Матеріали міжн. НПК. – Х.: ХНАУ, 2003. – С. 11.*
5. Кучук, Г.А. *Моделирование розподіленої системи збору інформації [Текст] / Г.А. Кучук // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 1999. – Вип. 2(6). – С. 162 – 165.*
6. Штагер, В.В. *Электронные системы коммутации [Текст] / В.В. Штагер. – М.: Радио и связь, 1983. – 232 с.*
7. Кочегаров, В.А. *Проектирование систем распределения информации. Марковские и немарковские модели [Текст] / В.А. Кочегаров, Г.А. Фролов. – М.: Радио и связь, 1991. – 214 с.*
8. Болюбаи, О.О. *Алгоритм збору обробки і розсилки інформації про стан структури мережі передачі даних [Текст] / О.О. Болюбаи, А.А. Пашинев // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: матеріали XI Міжн. НПК. – Х.: НТУ «ХП», 2003. – С. 45.*
9. Королев, А.В. *Обработка информации в АСУ [Текст] / А.В. Королев. – Х.: ХВУ, 1996. – 372 с.*
10. Мартин, Дж. *Вычислительные сети и распределенная обработка данных [Текст] / Дж. Мартин. – М.: Финансы и статистика. – 1986. – 269 с.*

Поступила в редколлегию 8.09.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры С.Г. Удовенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина.

МЕТОД ЗМЕНШЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ БУФЕРНОЇ ПАМ'ЯТІ МАРШРУТИЗАТОРА

А.С. Мохаммад

Нерівномірність інтенсивності трафіка в мережі, який вміщує як дані користувача, так і мережну службову інформацію, обумовлює флуктуації завантаження буферної пам'яті маршрутизатора. Згладжування таких флуктуацій дозволить зменшити завантаження буферної пам'яті, що, у свою чергу, зменшить імовірність перевантаження. У даній статті запропоновано метод зменшення завантаження вхідної буферної пам'яті маршрутизатора, використання якого дозволяє вивільнити ресурси вхідного буфера маршрутизатора за допомогою розгрузки пакетів службової мережної інформації, що знаходиться в ньому, у визначені інтервали часу.

Ключові слова: маршрутизація, трафік, пакет, пропускна здатність, службова інформація, бездротова мережа передачі даних, інтенсивність, завантаженість.

METHOD FOR DECREASING OF ROUTER'S BUFFER MEMORY UTILIZATION

A.S. Mohammad

Irregularity in network traffic rate, which includes both user data and network's service information, causes fluctuations in utilization of router's buffer memory. Smoothing of such fluctuations allows to decrease the utilization of buffer memory that, in turn, decreases the probability of congestion. This paper proposes a method that allows to decrease utilization of router's buffer memory. Implementation of this method allows to release resources of router's input buffer via unloading of network's service packets within the specified time intervals.

Key words: routing, traffic, packet, throughput, service information, wireless data network, rate, workload.

Мохаммад Амин Салех – аспірант каф. «Електронніе вычислительные машины», Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина, e-mail: kakshar1@yahoo.com.