АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СЕГМЕНТОВ В ПОЛНОДОСТУПНОЙ КОММУТАЦИОННОЙ СХЕМЕ С УЧЕТОМ РАЗНОРОДНОСТИ НАПРАВЛЕНИЙ СВЯЗИ

Черный Р.А.

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.60-62

ANALYSIS OF TREATMENT PROCESS SEGMENTS-BLOCKING SWITCHING SCHEME TAKING INTO ACCOUNT THE DIVERSITY OF COMMUNICATIONS CHANNELS

АННОТАЦИЯ:Промышленные высокопроизводительные маршрутизаторы являются необходимыми компонентами для построения безопасных сетей в задачах удаленного управления и мониторинга промышленных объектов.

Основная функция маршрутизатора - чтение заголовков пакетов сетевых протоколов, принимаемых и буферизуемых по каждому порту, и принятие решения о дальнейшем маршруте следования пакета по его сетевому адресу, включающему номер сети и номер узла.

В данной статье рассматривается математическая модель процесса обработки сегментов в маршрутизаторе (узел коммутации).

ANNOTATION:Industrial high-performance routers are essential components for building secure networks for remote control and monitoring of industrial facilities.

The main function of the router is to read the packet headers of network protocols received and buffered on each port, and decide on the further route for the packet to follow its network address, including the network number and node number.

This article discusses the mathematical model of the processing of segments in the router (switching node).

Ключевые слова: узел коммутации, полнодоступная коммутационная схема, система линейных алгебраических уравнений.

Keywords: switching node, fully accessible switching scheme, system of linear algebraic equations.

1. Введение

Промышленные высокопроизводительные маршрутизаторы являются необходимыми компонентами для построения безопасных сетей в задачах удаленного управления и мониторинга промышленных объектов.

Маршрутизатор – это устройство, которое собирает информацию о топологии межсетевых соединений и на её основании пересылает пакеты сетевого уровня в сеть назначения [4].

1.2 Модель промышленного маршрутизатора в узле коммутации с учетом разнородности направлений связи

Основная функция маршрутизатора - чтение заголовков пакетов сетевых протоколов, принимаемых и буферизуемых по каждому порту, и принятие решения о дальнейшем маршруте следования пакета по его сетевому адресу, включающему номер сети и номер узла[4].

Функции маршрутизатора могут быть разбиты на 3 уровня в соответствии с рисунком 1.

Рис. 1. Функциональная модель промышленного маршрутизатора

Уровень интерфейсов

Интерфейсы маршрутизатора, выполняют полный набор функций физического и канального уровней по передаче кадра, включая получение доступа к среде, формирование битовых сигналов, приём кадра, подсчёт контрольной суммы и передачу поля данных кадра верхнему уровню.

Уровень сетевого протокола

Сетевой протокол извлекает из пакета заголовок сетевого уровня и анализирует содержимое его полей. Проверяется контрольная сумма, и если пакет пришел поврежденным, то он отбрасывается. Проверяется время жизни пакета, вносятся корректировки в содержимое некоторых полей, пересчитывается контрольная сумма.

В случае если интенсивность поступления пакетов выше скорости обработки, пакеты могут образовать очередь. Существуют различные дисциплины обслуживания пакетов: в порядке поступления по принципу “первый пришел – первый обслужен” (First Input First Output, FIFO) случайное раннее обнаружение, когда обслуживание идет по правилу FIFO [3], но при достижении очередью определенной длины, вновь поступающие пакеты отбрасываются, а также различные варианты приоритетного обслуживания.

Уровень протоколов маршрутизации

Сетевые протоколы активно используют в своей работе таблицу маршрутизации, но ни её построением. Ни её поддержанием не занимаются. Эти функции выполняют протоколы маршрутизации. На основании этих протоколов маршрутизаторы обмениваются информацией о топологии сети.

2. Математическая модель процесса обработки неординарных потоков сегментов в узле коммутации с учетом разнородности направлений связи

Среди множества возможных подходов к решению задачи коммутации абонентов в сетях выделяют два основополагающих [2,5]:

- коммутация каналов;
- коммутация пакетов.

Коммутаторы пакетной сети отличаются от коммутаторов каналов тем, что они имеют буферную память для временного хранения пакетов, если выходной порт коммутатора в момент принятия пакета занят передачей другого пакета.

В этом случае пакет находится некоторое время в очереди пакетов в буферной памяти выходного порта, а когда до него дойдет очередь, он передается следующему коммутатору. Такая схема передачи данных позволяет сглаживать пульсацию трафика на магистральных связях между коммутаторами и тем самым наиболее эффективно использовать их для повышения пропускной способности сети в целом.

Реальные узлы коммутации (УК) строятся в виде сложных многозвенных схем, при проектировании которых решаются задачи экономного использования дорогостоящих коммутационных элементов.

В качестве примера рассмотрим УК, в который по двум портам поступают одно и двухпакетные сегменты. УК содержит два бокса памяти. Структура УК и граф состояний его ПКС представлен на рисунке 2.

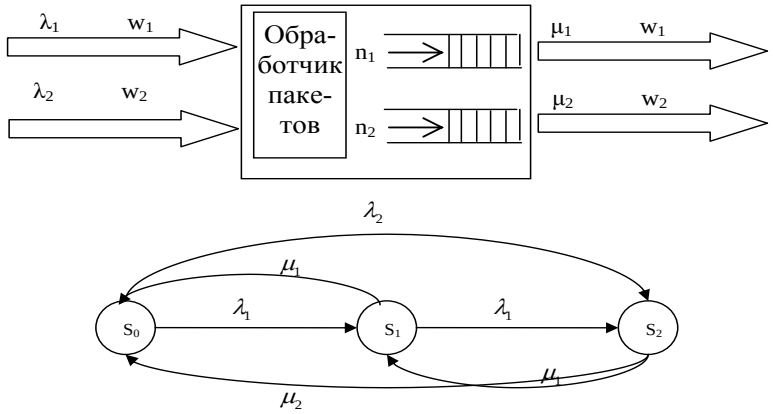

Рис. 2. Структура УК и граф состояний его ПКС

Здесь состояния: S_0 - УК свободен; S_1 - занят один бокс буфера; S_2 - заняты два бокса буфера, λ_1 - интенсивность с которой по одному порту поступают однопакетные сегменты, λ_2 - интенсивность с которой по другому порту поступают двухпакетные сегменты, μ_1 и μ_2 интенсивности с которыми покидают УК одно и двух пакетные сегменты соответственно. Составим СЛАУ, где p_0, p_1, p_2 - вероятности состояний процесса обслуживания соответственно и определим вероятность каждого из состоянии[1]:

$$(1)\ \begin{cases}(\lambda_1+\lambda_2)p_0-\mu_1 p_1-\mu_2 p_2=0\\ -\lambda_1 p_0+(\lambda_1+\mu_1)p_1-\mu_1 p_2=0\\ -\lambda_2 p_0-\lambda_1 p_1+(\mu_1+\mu_2)p_2=0\end{cases}$$

$p_0+p_1+p_2=1$ - условие нормировки.

Получилась линейная однородная система уравнений, которая имеет бесконечное множество решений, так как ранг матрицы системы меньше

числа неизвестных. Искомые вероятности p_0, p_1, p_2 связаны нормировочным условием. Поэтому, если одно из уравнений линейной однородной системы заменить нормировочным условием, то система станет неоднородной системой уравнений вида:

$$(2)\quad \begin{cases} (\lambda_1+\lambda_2)p_0-\mu_1 p_1-\mu_2 p_2=0 \\ -\lambda_1 p_0+(\lambda_1+\mu_1)p_1-\mu_1 p_2=0 \\ p_0+p_1+p_2=1 \end{cases}$$

Решение данной системы матричным методом будет иметь вид: $P=A^{-1}\cdot B$, где A^{-1} - матрица обратная к матрице системы.

Пусть:

$$A=\begin{Vmatrix} \lambda_1+\lambda_2 & -\mu_1 & -\mu_2 \\ -\lambda_1 & \lambda_1+\mu_1 & -\mu_1 \\ 1 & 1 & 1 \end{Vmatrix}$$ - матрица системы;

$B=\|0 \quad 0 \quad 1\|^T$ - вектор свободных членов;

$P=\|p_0 \quad p_1 \quad p_2\|^T$ - вектор искомых вероятностей.

Столбец свободных членов всегда будет иметь вид $B=(0 \quad \cdots \quad 0 \quad 1)^T$, поэтому искомые вероятности, всегда, будет определять последний столбец матрицы A^{-1}:

$$(3)\quad A^{-1}=\begin{Vmatrix} \frac{\lambda_1+2\mu_1}{\alpha} & \frac{\mu_1-\mu_2}{\alpha} & \frac{\mu_1^2+\mu_1\mu_2+\lambda_1\mu_2}{\alpha} \\ \frac{\lambda_1-\mu_1}{\alpha} & \frac{\lambda_1+\lambda_2+\mu_2}{\alpha} & \frac{\lambda_1\mu_1+\lambda_2\mu_1+\lambda_1\mu_2}{\alpha} \\ \frac{-2\lambda_1-\mu_1}{\alpha} & -\frac{\lambda_1+\lambda_2+\mu_2}{\alpha} & \frac{\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2\mu_1}{\alpha} \end{Vmatrix},$$

где $\alpha=\mu_1(\mu_1+\mu_2)+\lambda_1(\lambda_1+\lambda_2)+2(\lambda_1\mu_2+\lambda_2\mu_1)+\lambda_1\mu_1$

Отсюда, вероятности состояний процесса обслуживания следующие:

$$p_0=\frac{\mu_1^2+\mu_1\mu_2+\lambda_1\mu_2}{\mu_1(\mu_1+\mu_2)+\lambda_1(\lambda_1+\lambda_2)+2(\lambda_1\mu_2+\lambda_2\mu_1)+\lambda_1\mu_1}$$

$$p_1=\frac{\lambda_1\mu_1+\lambda_2\mu_1+\lambda_1\mu_2}{\mu_1(\mu_1+\mu_2)+\lambda_1(\lambda_1+\lambda_2)+2(\lambda_1\mu_2+\lambda_2\mu_1)+\lambda_1\mu_1}$$

$$p_2=\frac{\lambda_1^2+\lambda_1\lambda_2+\lambda_2\mu_1}{\mu_1(\mu_1+\mu_2)+\lambda_1(\lambda_1+\lambda_2)+2(\lambda_1\mu_2+\lambda_2\mu_1)+\lambda_1\mu_1}$$

Время пребывания пакета в очереди при дисциплине обслуживания FIFO зависит от того, в каком состоянии пребывал процесс в момент поступления очередного пакета. Отсюда среднее время пребывания пакета в узле коммутации можно найти по формуле Литтла [6]:

$$(4)\quad \bar{\tau}=\frac{\bar{j}}{\sum_{i=1}^{n}\mu_i}$$

где $\bar{j}=\sum_{i=0}^{n} i\cdot P_i$ – среднее число пакетов в очереди.

С учетом дисперсия времени пребывания пакета в УК имеет вид:

$$(5)\quad D\tau=\sum_{i=0}^{n}\frac{i^2}{\left(\sum_{i=1}^{n}\mu_i\right)^2}P_i(t)-\left(\frac{\bar{j}}{\sum_{i=1}^{n}\mu_i}\right)^2$$

Потеря пакета по причине переполнения буфера произойдёт в случае, если в буфере в определённый момент времени пребывало *i* пакетов и поступил сегмент, содержащий больше *n* – *i* пакетов. В этом случае вероятность потери пакета можно определить по следующей формуле [6]:

$$(6)\quad P_{пот}=\sum_{i=1}^{n}\left(P_i\cdot\frac{\sum_{j=n-i+1}^{n}\lambda_j}{\sum_{j=1}^{n}\lambda_j}\right).$$

3. Заключение

В результате исследования получены формулы для определения вероятностно- временных характеристик пребывания пакета в узле коммутации и вероятности потери пакета вследствие переполнения буфера памяти узла коммутации. На этапе отладки программного обеспечения маршрутизатора, данные расчеты позволяют заложить алгоритм обработки пакетов с учетом разнородности направлений.

Список литературы

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 2003. – 564 с.

2. Захаров Г.П. Методы исследования сетей передачи данных. – М.: Радио и связь, 1982. – 208 с

3. Кульгин М.В. Компьютерные сети. Практика строения. Для профессионалов. 2-е издание / М.В. Кульгин. – СПб.: Питер, 2003. – 462 с.

4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Основы сетей передачи данных. Курс лекций. Учебное пособие/Издание второе исправное/ - М.: ИНТУИТ.РУ «Интернет-университет Информационных Технологий», 2005 – 176с.

5. Столингс В. Современные компьютерные сети 2-е издание. – СПб.: Питер, 2003.– 783с.

6. Черный Р.А. Методический подход к нахождению вероятностно- временных характеристик пребывания пакетов в узле коммутации IP-сети / Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве. Сборник трудов. Часть 2. г. Протвино. 2012. с.243-245.