УДК 681.324

П. Е. Пустовойтов

РАСЩЕПЛЕНИЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ПОТОКА ПАКЕТОВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

В статье рассматривается метод, позволяющий для реального трафика компьютерной сети, не обладающего марковскими свойствами, выполнить марковскую аппроксимацию, которая позволит использовать стандартные методы теории массового обслуживания для решения задач управления.

Ключевые слова: *компьютерные сети, математическое моделирование, разложение составного потока.*

1. Введение

В реальных компьютерных сетях (КС) поток заявок, поступающих на вход узла сети, является суперпозицией нескольких потоков, отличающихся друг от друга численными значениями своих характеристик (интенсивностью, объемом пакета, законом распределения интервала между заявками и т. д.) [1]. Непосредственный анализ эффективности функционирования узла КС для такого типа входных потоков затруднителен ввиду отсутствия их удовлетворительных аналитических описаний [2—3]. Причина этого состоит в том, что законы распределения длин пакетов для каждой из составляющих многокомпонентного потока различны. Построение композиционного закона распределения для суммарного потока — проблемная задача. В этих условиях более простой путь исследования системы состоит в расщеплении исходного многокомпонентного потока на составляющие элементарные потоки, независимо поступающие на вход узла КС.

2. Постановка задачи

Поставим задачу расщепления наблюдаемого результирующего потока на элементарные составляющие. В реальных компьютерных сетях поток заявок, поступающих на вход узла сети, является суперпозицией нескольких потоков, отличающихся друг от друга численными значениями своих характеристик (рис. 1).

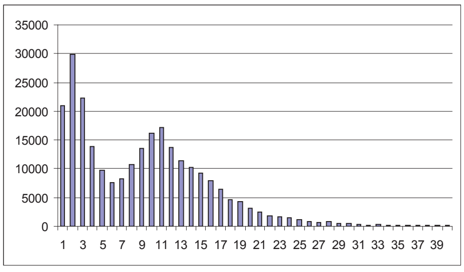

Рис. 1. Гистограмма случайных длин пакетов на входе сети НТУ «ХПИ»

Предположим, что поток составлен из двух потоков с релеевским распределением длины пакета, параметры которых различны. Найдем параметры искомых распределений и разработаем методику отнесения пакетов к первому или второму потоку.

3. Основные результаты

Для отыскания неизвестных параметров σ_1, σ_2, p минимизируем

$$J = \sum_{j=1}^{n} \left[p \frac{x_j}{\sigma_1^2} e^{-\frac{x_j^2}{2\sigma_1^2}} + (1-p)\frac{x_j}{\sigma_2^2} e^{-\frac{x_j^2}{2\sigma_2^2}} - y_j \right]^2 . \qquad (1)$$

Здесь p — вероятность того, что полученное сообщение принадлежит первому потоку, y_j — частота появления пакета, соответствующая j-му подынтервалу наблюдаемых длин пакетов.

Решение задачи отыскивается дифференцированием исходного функционала по каждому параметру, затем для получения корней используется итерационная процедура.

Для проверки справедливости принятой гипотезы о плотностях распределения длин пакетов составляющих результирующего потока используется критерий χ^2.

Анализ гистограмм, соответствующих разным временным интервалам, показывает, что в начале дня преобладают короткие пакеты, к середине дня соотношение между короткими и длинными пакетами выравнивается, в конце дня имеет место преобладание длинных пакетов.

Для описания потоков в начале и в конце рабочего дня целесообразны следующие модели соответственно

$$f_1(x) = p\lambda e^{-\lambda x} + (1-p)\frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} ,$$

$$f_2(x) = p\frac{x}{\sigma_1^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_1^2}} + (1-p)\frac{x_j}{\sigma_2^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_2^2}} .$$

При построении системы маршрутизации удобно иметь некоторый механизм, позволяющий отнести каждый конкретный пакет к одному из потоков, составляющих результирующий поток. Наблюдаемый параметр пакета — его длина.

Введем гипотезы H_0 — пакет принадлежит первому, H_1 — пакет принадлежит второму потоку. Введем рандомизированное решающее правило $A(x)$, состоящее в том, что если наблюдаемый параметр имеет значение x, то решение о справедливости гипотезы H_0 отвергается с вероятностью $A(x)$. Тогда уровень значимости критерия и мощность критерия будут равны соответственно

$$\int_{\Omega} f\left(\frac{x}{H_0}\right) A(x)\,dx = \alpha, \quad \int_{\Omega} f\left(\frac{x}{H_1}\right) A(x)\,dx = \mu .$$

Выберем решающее правило таким образом, чтобы максимизировать мощность критерия при заданном уровне значимости.

$$A^*(x) = \begin{cases} 1, \text{ если } \left(f\left(\frac{x}{H_1}\right) \Big/ f\left(\frac{x}{H_0}\right) \right) > \lambda, \\ 0, \text{ в противном случае}, \end{cases} \qquad (2)$$

где λ является решением уравнения

$$\int_{\Omega} f\left(\frac{x}{H_0}\right) dx = \alpha, \quad \tau_\lambda = \left\{ x : f\left(\frac{x}{H_1}\right) > \lambda f\left(\frac{x}{H_0}\right) \right\}.$$

Решение задачи позволило сформулировать пороговое значение длины пакета, при превышении которого пакет должен быть отнесен ко второму потоку, а в противном случае — к первому, при заданной вероятности ошибки первого рода.

$$x^* = \max\left\{ \left(\frac{2\sigma_1^2\sigma_2^2}{\sigma_2^2 - \sigma_1^2} \ln \frac{\lambda\sigma_2^2}{\sigma_1^2} \right)^{\frac{1}{2}}, \left(-2\sigma_1^2 \ln 2\right)^{\frac{1}{2}} \right\}. \qquad (3)$$

Полученные гистограммы длин пакетов для каждого потока могут быть аппроксимированы плотностью распределения Эрланга 2-го порядка, неизвестные параметры распределений отыскиваются методом максимума правдоподобия (рис. 2).

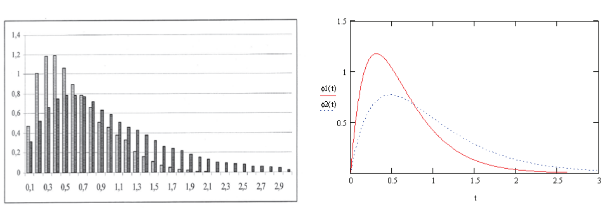

Рис. 2. Гистограммы распределений и плотности распределений интервала между пакетами для первого и второго потоков

4. Выводы

Полученную методику расщепления можно применять и в случае использования других гипотез относительно законов распределения длин пакетов. При этом, с точки зрения возможности проведения дальнейшего исследования эффективности функционирования узла КС марковскими методами, целесообразно принять, что длины пакетов составляющих суммарного потока имеют распределения Эрланта порядка m_1 и m_2 соответственно [3].

Литература

1. Пустовойтов П. Е. Методика анализа многокомпонентных входных потоков в компьютерных сетях [Текст] / П. Е. Пустовойтов, Эль Саед Абделаал Эльсаед Мохамед // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». — Харків : НТУ «ХПІ». — 2006. — № 40. — С. 157—164.
2. Раскин Л. Г. Марковская аппроксимация немарковских систем [Текст] / **Л. Г. Раскин**, П. Е. Пустовойтов, Са'ди Ахмад Абдельхамид Саед Ахмад // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2006. — № 1. — С. 57—60.
3. Пустовойтов П. Е. Эрланговская аппроксимация самоподобного случайного потока с заданными свойствами [Текст] / П. Е. Пустовойтов // Системи обробки інформації. — Харків : Харківський університет Повітряних Сил, 2010. — Вип. 6(87).

РОЗЩЕПЛЕННЯ ДВОХКОМПОНЕНТНОГО ПОТОКУ ПАКЕТІВ У КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ

П. Є. Пустовойтов

У статті розглядається метод, що дозволяє для реального трафіка комп'ютерної мережі, що не володіє марківськими властивостями, виконати марківську апроксимацію, яка дозволить використовувати стандартні методи теорії масового обслуговування для розв'язку задач управління.

Ключові слова: комп'ютерні мережі, математичне моделювання, розкладання складеного потоку.

***Павло Євгенович Пустовойтов**, доцент кафедри систем інформації Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», **тел.: (097) 737-44-91, e-mail: yamazaki@bk.ru**.*

SPLITTING OF TWO-COMPONENT PACKAGE FLOW IN NETWORK

P. Pustovoitov

The article consider a method that allows for a real traffic network without markov properties to perform the markov approximation, which allows usage of standard methods of queuing theory for solving the control problems.

Keywords: computer networks, mathematical modeling, the expansion of the composite flow.

***Pavel Pustovoitov**, associate professor of Department of Systems of information, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», **tel.: (097) 737-44-91, e-mail: yamazaki@bk.ru**.*