

САМОПОДОБНАЯ СТРУКТУРА ЗАДЕРЖКИ ОЖИДАНИЯ ПАКЕТОВ ГОЛОСОВОГО ТРАФИКА В БУФЕРЕ МАРШРУТИЗАТОРА

А.А. БЫСОВ¹, Е.В. МАШКИН²

¹Военная академия Республики Беларусь
пр-т Независимости, 220, г. Минск, 220057, Республика Беларусь
AnatolyBysov@gmail.com

²Военная академия Республики Беларусь
пр-т Независимости, 220, г. Минск, 220057, Республика Беларусь
click4get@mail.ru

Работа отражает результаты исследования задержки ожидания пакетов голосового трафика в буфере маршрутизатора. Статистические данные задержки ожидания получены на основе имитационного моделирования телекоммуникационной сети в прикладном пакете Network Simulator 2.

Ключевые слова: задержка ожидания пакетов в маршрутизаторе, самоподобие.

Многочисленные исследования сетей связи, проводимые в рамках теории теле-трафика, свидетельствуют о наличии фрактальных свойств (свойств масштабной инвариантности или самоподобия) присущих голосовому пакетному трафику.

Свойство самоподобия заключается в инвариантной форме вида реализаций трафика при его последовательном агрегировании по оси времени и обусловлено тем фактом, что пакеты передаются группами или пачками из-за наличия входных и выходных буферов в устройствах обработки (маршрутизаторах, концентраторах, серверах).

Для статистического анализа задержки ожидания пакетов в буфере маршрутизатора при различных алгоритмах обработки очередей (FIFO, FQ, SFQ) и интенсивностях входного потока, построена имитационная модель VoIP-сети.

Для описания источников VoIP-трафика использована классическая модель Брэди, которая состоит из модели голосового источника, модели голосового кодека и модели потоков звонков. Структурными элементами модели разговора человека являются активная речь (ON-периоды), паузы (OFF-периоды) и законы распределения длительностей этих периодов [3].

Рядом авторов на основе большого количества статистических данных установлены законы распределения ON/OFF периодов. Классическая модель Брэди была расширена путем введения третьего состояния – временного интервала между двумя состояниями пользователя (AIT – Average Inter Call Time). Длительность ON-периодов распределена по закону Парето, OFF-периодов – по закону Вейбулла, длительности разговора и интервалов между звонками распределены по экспоненциальному закону с характеристиками, представленными в [1].

В качестве программного симулятора использован пакет ns-2 (network simulator v.2.27). Исследованию подвергались все маршрутизаторы модели для пяти алгоритмов обработки очередей (FIFO – First In First Out, FQ – Fair Queuing, SFQ – Stochastic Fair Queuing, DRR – Deficit Round Robin, RED – Random Early Decton, CBQ – Class Based Queuing. В моменты перегрузок происходит лавинообразное возрастание задержки ожидания в буфере маршрутизатора. Ненулевые значения задержек следуют группами

(пачками), что свидетельствует о возможной самоподобной (персистентной) структуре ряда задержки. При помощи статистических тестов Диккея-Фуллера (ADF), Филлипса-Перрона (PP), Квятковского-Филлипса-Шмидта-Шина (KPSS) ряды задержек исследованы на стационарность. Методом R/S-статистик ряды исследованы на самоподобие путем вычисления коэффициента Херста. Так как значение коэффициент Херста находится в интервале $(0,5;1)$, то ряд задержки имеет самоподобную структуру, и, следовательно, каждый член ряда бесконечно долго влияет на последующие члены ряда. С учетом доказанных свойств самоподобия и стационарности рядов задержки, проведено моделирование ряда с использованием математического аппарата моделей авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего с долговременной зависимостью членов ряда (ARFIMA(p,d,q)). Зависимость задержки ожидания пакета в буфере маршрутизатора от номера пакета двух рядов представлены на рис. 1.

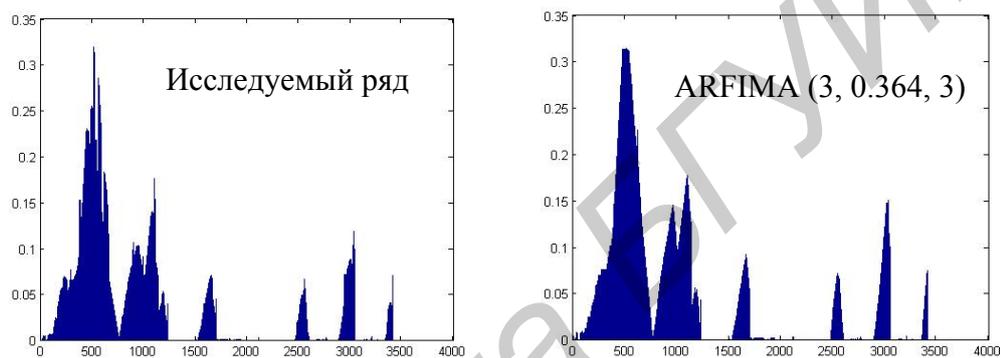


Рис. 1. Ряд задержки и ряд модели ARFIMA(p,d,q)

Математическое ожидание ошибки прогнозирования равно $M_o = 3,8\%$, коэффициент корреляции рядов равен $r = 0,73$.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- задержка ожидания пакетов голосового трафика в буфере маршрутизатора является стационарным случайным процессом;
- задержка ожидания пакетов в буфере маршрутизатора проявляет свойства долговременной зависимости;
- прогнозирование задержки ожидания пакетов может быть осуществлено с высокой точностью при помощи ARFIMA-моделей;
- для повышения эффективности обработки голосового пакетного трафика маршрутизаторами, целесообразно учитывать прогнозируемое значение задержки ожидания пакета в буфере маршрутизатора.

Список литературы

1. *Biernacki, A.* Statistical analysis of VoIP streams / A. Biernacki // 7th Conference Internet – Wrocław. – 2005.