

**А. А. Бысов, Е. В. Машкин**

*(ВА, Минск)*

## **САМОПОДОБНАЯ СТРУКТУРА ЗАДЕРЖКИ ОЖИДАНИЯ ПАКЕТОВ ГОЛОСОВОГО ТРАФИКА В БУФЕРЕ МАРШРУТИЗАТОРА**

Многочисленные исследования сетей связи, проводимые в рамках теории телетрафика, свидетельствуют о наличии фрактальных свойств (свойств масштабной инвариантности или самоподобия) присущих голосовому пакетному трафику [1, 2].

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) [1].

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 [2].

В качестве программного симулятора использован пакет ns-2 (network simulator v.2.27) [5]. Моделирование проводилось на ПЭВМ Acer Aspire 1642ZWLMi. Затраты машинного времени составили 600 с. Выходными данными моделирования является трейс-файл в ASCII формате, в котором зарегистрированы события моделирования. Адекватность имитационной модели установлена путем проверки гипотезы об однородности двух эмпирических выборок (критерий Вилкоксона), полученного с помощью модели и голосового трафика сети Интернет.

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. 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 коэффициента Херста находится в интервале (0.5,1), то ряд задержки имеет самоподобную структуру, а, 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)).

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.

### **Литература**

1. Заборовский, В.С. Исследование процессов в компьютерных сетях / В.С. Заборовский, В.А. Мулюха, Ю.Е. Подгурский. – СПб.: СПбГПУ, 2009. – 204 с.
2. Biernacki, A. Statistical analysis of VoIP streams / A. Biernacki // 7<sup>th</sup> Conference Internet – Wroclaw. – 2005.
3. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.