

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРАФИКА СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Роздымаха Е.А., Омельченко А.В., Федоров А.В.

Харьковский национальный университет
радиоэлектроники, Украина.

E-mail: rozdy@mail.ru

Abstract

Infocommunication networks development demands that prior network planning should be applied. This requires network traffic prediction that is necessary to make management decisions on efficient network resources utilization and subscribers servicing. It determines the actuality of constructing corresponding mathematical models, which use statistical data collected in the operation of a mobile network with the help of automated measuring systems.

The analysis of the actual network traffic of third generation mobile communication network is done. The fractal (self-similar) properties of traffic are shown. The estimates of Hurst parameter of stochastic trend of actual traffic is obtained. It is shown that the considered mathematical model of network traffic can be used to solve the problems of prediction and planning of the mobile network. The estimates of dependence of the prediction quality on the prediction step is obtained.

При планировании и оптимизации сети мобильной связи зачастую необходимо моделировать возможные варианты функционирования сети при изменении условий и параметров эксплуатации. При таких изменениях может иметь место частичная или полная остановка какого-либо сервиса, либо лавинообразный рост трафика или абонентской базы оператора. Это определяет актуальность построения соответствующих математических моделей, для чего следует использовать статистические данные, собранные в процессе функционирования сети мобильной связи с помощью автоматизированных измерительных комплексов.

Как известно [1], последовательность ξ_k , $k=0,1,\dots$ называется строго самоподобной в широком смысле (ССШС) с параметром $H=1-\beta/2$, где $0<\beta<1$, если её коэффициент корреляции определяется выражением

$$r(k) = \frac{1}{2}[(k+1)^{2-\beta} - 2k^{2-\beta} + (k-1)^{2-\beta}], k \in N. \quad (1)$$

В работе в качестве реального трафика использовался трафик в сети мобильной связи одного украинского оператора, который предоставляет услуги связи третьего поколения. Трафик представляет собой последовательность, каждое значение которой соответствует данным, полученным за интервал в 30 минут. На рис. 1 приведены фрагменты трафика в различном масштабе. Анализ показывает, что трафик содержит линейный тренд и суточные колебания интенсивности. Наблюдается также устойчивая сезонная составляющая с недельным периодом.

Наличие линейного и периодического тренда в трафике затрудняет оценку параметра Хёрста H . Суточные колебания трафика имеют период в 48 отсчетов. Для уменьшения влияния суточных колебаний на оценку параметра Хёрста была использована операция, содержащая следующие шаги: разделение трафика $z_t, t=\overline{1,N}$ на 48 суточных последовательностей $z_t^i, i=\overline{1,48}; t=\overline{1,N/48}$ согласно выражению

$$z_t^i = z_{48(t-1)+i};$$

нормировка каждой суточной последовательности z_t^i на корень из её второго начального момента

$$\tilde{z}_t^i = \frac{z_t^i}{\sqrt{E[(z_t^i)^2]}};$$

объединение суточных последовательностей $\tilde{z}_t^i$ в выровненный трафик $\tilde{z}_t, t = \overline{1, N}$. Затем из выровненного трафика $\tilde{z}_t, t = \overline{1, N}$ был выделен линейный тренд методом наименьших квадратов.

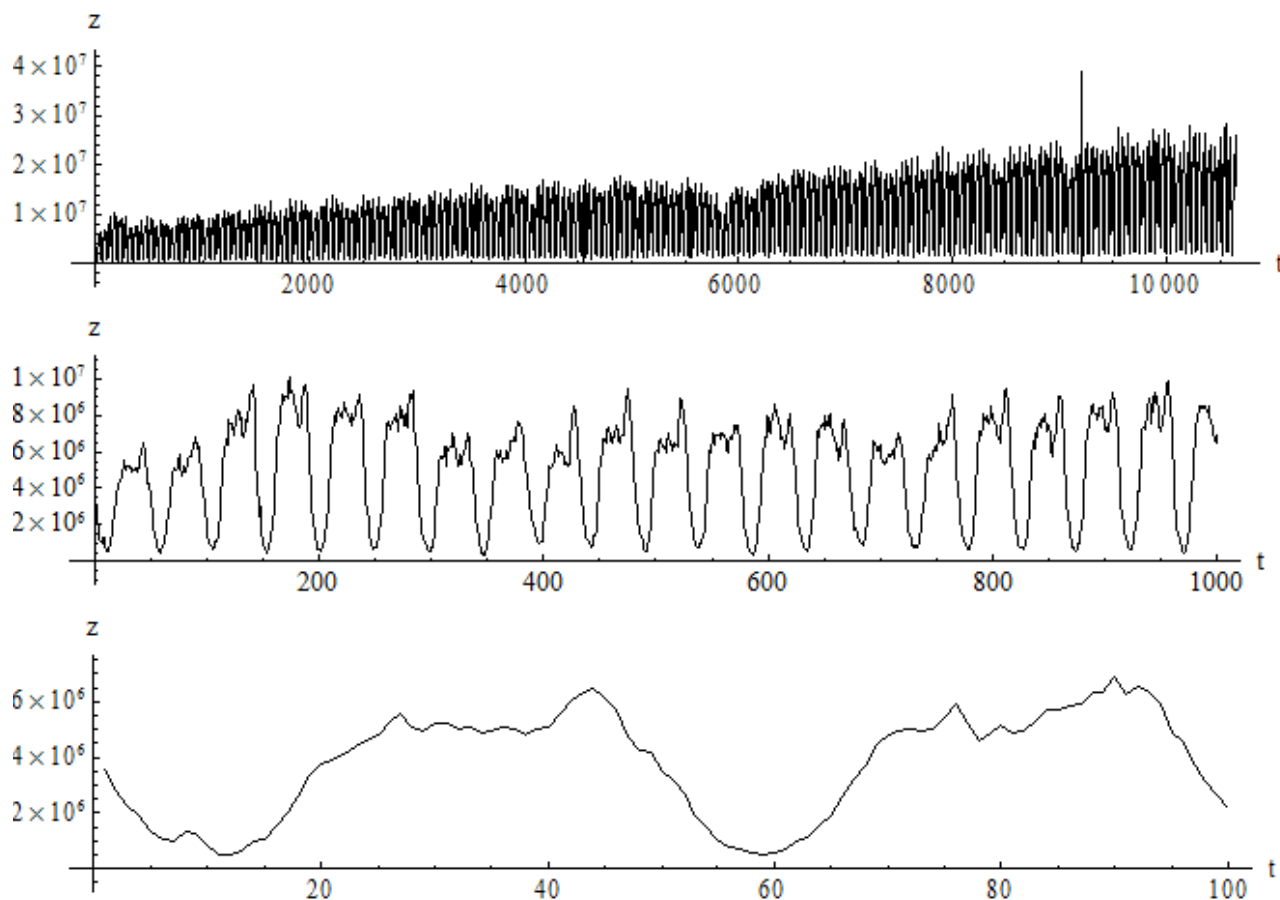


Рис.1. Фрагменты трафика в различном масштабе

Параметр Хёрста последовательности $\tilde{z}_t, t = \overline{1, N}$ был оценен по графику зависимости дисперсии агрегированной последовательности от параметра агрегирования [2]. На рис. 2 приведен график зависимости дисперсии агрегированной последовательности от параметра агрегирования. Оценка параметра Хёрста составила $H = 0,9031$, что свидетельствует о наличии ярко выраженных свойств самоподобия в трафике.

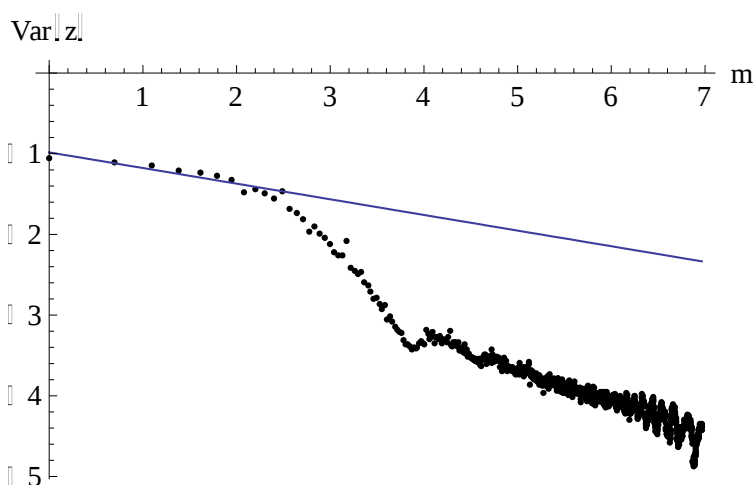


Рис 2. Зависимость дисперсии агрегированной последовательности от параметра агрегирования

Как показал анализ трафика наиболее сильная зависимость существует между отсчетами данных одинакового интервала времени в сутках. Таким образом для прогнозирования такого вида трафика эффективно использовать только отсчеты, отстоящие от прогнозируемого на величину, кратную периоду.

Качество прогнозирования обычно оценивается показателем, обратным отношению дисперсии стохастической компоненты временного ряда к дисперсии ошибки прогноза:

$$SN^{-1} = \frac{E(e_k^2)}{E(\xi_k^2)}, \quad (2)$$

где $e_k = \hat{z}_k - z_k$ – ошибка прогнозирования.

На рис. 3 представлена зависимость показателя (2) от величины шага прогнозирования h для прогноза на основе модели авторегрессии первого порядка с коэффициентом $\Phi = 0,62$, полученным из выражения (1) с использованием оцененного параметра Хёрста.

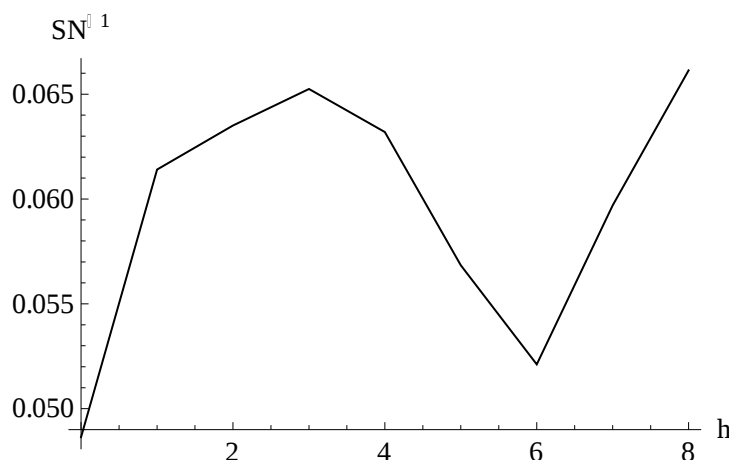


Рис. 3. Зависимость соотношения (2) от длины шага прогнозирования

Как видно из рисунка качество прогноза имеет пики в области недельного периода, что указывает на наличие сильной взаимосвязи с недельным периодом.

В данной работе выполнен анализ реального трафика для сети мобильной связи третьего поколения и показаны его фрактальные (самоподобные) свойства. Показано, что рассмотренные математические модели сетевого трафика могут быть использованы для решения задач прогнозирования и планирования сети мобильной связи. Получены оценки качества прогноза трафика на основе модели авторегрессии с учётом самоподобия.

Литература:

1. Цыбаков Б.С. Модель телетрафика на основе самоподобного случайного процесса // Радиотехника – 1999. - № 5. - С. 24-31.
2. Столлингс В. Современные компьютерные сети, 2-е изд. // СПб.: Питер, 2003 - 783 с.
3. Агеев Д.В., Игнатенко А.А., Копылев А.Н. Методика определения параметров потоков на разных участках мультисервисной телекоммуникационной сети с учетом эффекта самоподобия [Электронный ресурс] // Проблемы телекоммуникаций. – 2011. – № 3 (5). – С. 18 – 37. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2011/3/1/113_ageyev_method.pdf.