

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ В ГОРОДАХ КАЗАХСТАНА

И. Э. Сулейменов, А. С. Байкенов (Алма-ата, Казахстан)

Явление самоподобия телетрафика [1,2], которое было экспериментально обнаружено чуть более 10 лет назад и которое с тех пор активно изучается, показало, что многие положения, используемые в классической телефонии, восходящие к работам Эрланга, теряют применимость по отношению к пакетной передаче данных.

Возникает обоснованный вопрос – насколько положения, апробированные на системах проводной связи, применимы по отношению к мобильной связи. Ответа на него в текущей литературе нет, каким бы странным это ни казалось на первый взгляд. По умолчанию подразумевалось, что такие результаты как, например, формула Полячека-Хинчина должны автоматически переноситься и на беспроводную связь.

Данная формула представляет собой один из классических результатов, полученных в теории систем массового обслуживания, развивавшейся, со времен работ Эрланга, в самой тесной связи с потребностями проводной телефонии. Поэтому применимость для беспроводной связи можно рассматривать как своего рода индикатор, наглядно показывающий необходимость пересмотра, по крайней мере частичного, подходов классической телефонии в приложении к средствам беспроводной связи.

Наблюдения, использованные в данной работе, проводились по городу Алма-ата в период с 06 сентября по 08 октября 2008г., по г. Талды-курган – с 18 ноября по 12 декабря того же года. Каждая серия наблюдений относится к сравнительно короткому промежутку времени, что позволяет пренебречь влиянием сезонных вариаций. Продолжительность исходящих звонков регистрировались в секундах, использовались сведения, заносимые в память аппаратов мобильной связи. Было опрошено 120 человек различного социального статуса в г. Алма-ата и 80 человек по г. Талды-курган. Общее количество звонков абонентов мобильной связи по городу Алма-ата в используемой выборке составило 1005, а по г. Талды-курган – 706 исходящих звонков.

Приближенные распределения вероятностей (точнее, сглаженные гистограммы), построенные на основании указанных выборок, показаны на рис.1 и 2. Там же показаны кривые, построенные на основании теоретической аппроксимации, предложенной в [3]:

$$P(t) = \frac{(1 - \exp(-t^3 / \tau^3))}{t^2}. \quad (1)$$

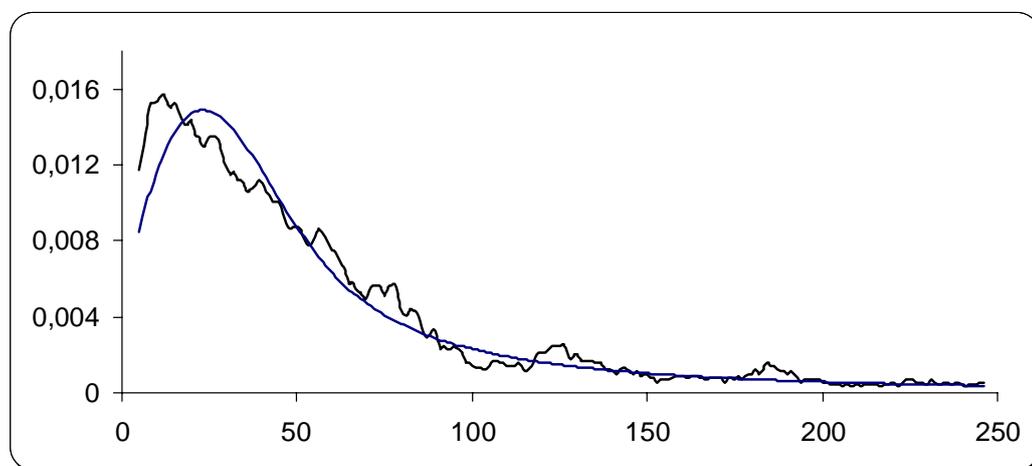


Рис. 1. Сглаженная гистограмма распределений телефонных звонков по продолжительности, г. Алма-ата (кривая 1), ее теоретическая аппроксимация (кривая 2)

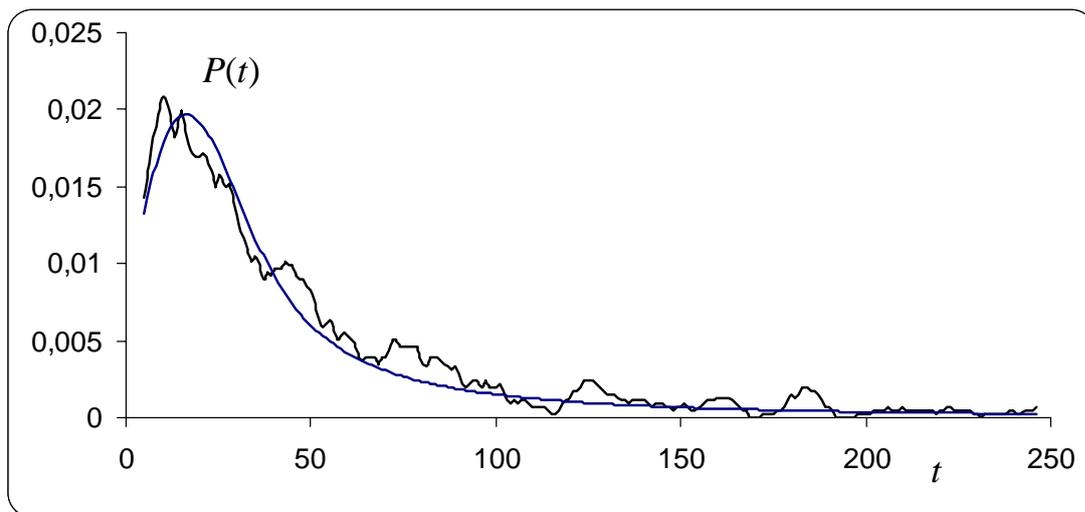


Рис. 2. Сглаженная гистограмма распределений телефонных звонков по продолжительности, г. Талды-курган (кривая 1), ее теоретическая аппроксимация (кривая 2)

Существенной особенностью этой аппроксимации является наличие тяжелого хвоста. Можно видеть, что данное распределение спадает как

$$P(t) \propto \frac{1}{t^2} \quad (2)$$

при $t \rightarrow \infty$. Как известно, распределения с таким хвостом характеризуются бесконечной дисперсией. (Необходимо подчеркнуть, что такой характер спада вытекает также и из количественной модели, построенной в [3] на основании эконометрических соображений.)

Одно только это обстоятельство делает дискуссионной применимость формулы Полячека-Хинчина к описанию работы телекоммуникационных систем в условиях РК.

Действительно, данная формула может быть записана как [4]

$$W = \frac{\lambda \langle t^2 \rangle}{2(1 - \lambda \langle t \rangle)},$$

где $\langle t^a \rangle$ есть a -й момент функции распределения, λ – входной поток.

Можно видеть, что для расчета среднего времени ожидания заявки в очереди необходимо знать два первых момента функции распределения – математическое ожидание (среднюю продолжительность разговора $\langle t \rangle$) и среднее значение квадрата продолжительности разговора $\langle t^2 \rangle$. Бесконечное значение последней не позволяет применять рассматриваемую формулу к распределениям, получаемым на опыте.

Ввиду важности сделанного вывода, покажем, что упомянутые выше особенности статистических распределений телефонных звонков по продолжительности могут быть подтверждены прямой обработкой экспериментальных результатов.

На рис. 4 отложены зависимости $\sum_i^M P_e(t_i)$ и $\sum_i^M t_i^2 P_e(t_i)$; последняя получена непосредственно на основании экспериментальной выборки по г. Алма-ата без дополнительной обработки. Величина $P_e(t_i)$ определяется как:

$$P_e(t_i) = \frac{N_e}{N_0},$$

где N_e – непосредственно определенное число звонков продолжительности t_i в используемой выборке; N_0 – общее число звонков в выборке.

Видно, что имеется устойчивый линейный рост показателя, отвечающего вычислению среднего значения суммы, т.е. этот результат соответствует формальной расходимости интеграла, используемого при вычислении показателя $\langle t^2 \rangle$. Таким образом, сделанные выше выводы относительно асимптотического поведения рассматриваемого статистического распределения могут быть непосредственно подтверждены прямой обработкой экспериментальных данных. Аналогичный результат в работе получен и для выборки по г. Талды-курган.

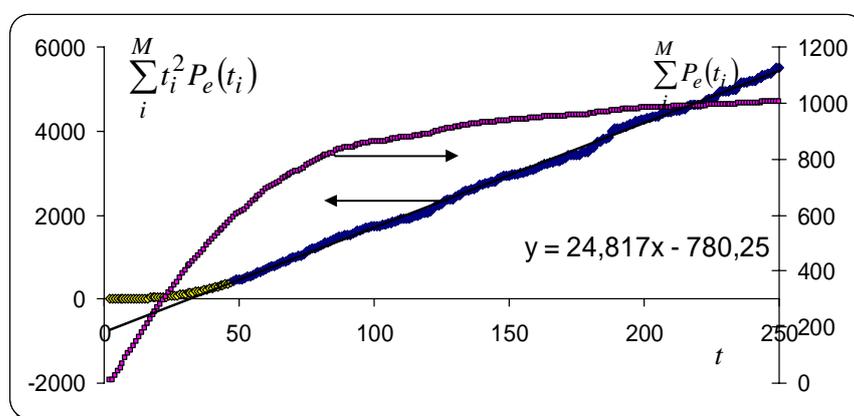


Рис. 4. Зависимость сумм $\sum_i P_e(t_i)$ (левая ось) и $\sum_i t_i^2 P_e(t_i)$ от верхнего предела суммирования для выборки по г. Алма-ата

Таким образом, анализ вида статистических распределений, полученных на основании экспериментальных данных по двум казахстанским городам, показывает, что их дисперсии являются бесконечными. Данный вывод говорит о необходимости пересмотра, по крайней мере, некоторых положений классической теории телетрафика применительно к системам мобильной связи. В частности, на следующем этапе исследований представляется целесообразным получение аналога формулы Полячека-Хинчина для статистических распределений с бесконечной дисперсией.

Литература

1. **Фомин Л. А. и др.** Причины самоподобия в сетевом трафике/Г. И. Линец, Д. В. Шлаев, С. В. Калашников // Электросвязь. 2008. № 2. С. 20–23.
2. **Сычев К. И.** Математические модели процессов формирования и обслуживания мультисервисного (самоподобного) трафика // Телекоммуникации. 2008. № 8. С. 19–25.
3. **Сулейменов И. Э. и др.** Теория телетрафика как область междисциплинарных исследований // Медный всадник–Казахстан. Научный и литературно-художественный альманах. Алма-ата: ЛЕМ. 2009. С. 34–41.
4. **Крылов В. В., Самохвалова С. С.** Теория телетрафика и ее приложения. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 288 с.