УДК 621.395

519.872

Информационные технологии, 2009, №4.

Гечис А.К., Соколова О.Д., Соколов Н.А.

Гечис А.К. – студент Новосибирского Государственного Университета

Соколова О.Д. – к.т.н., научный сотрудник Института Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН, г. Новосибирск

Соколов Н.А. – д.т.н., профессор кафедры СКиРИ Государственного Университета Телекоммуникаций, г. Санкт-Петербург

Входящий поток заявок для трафика речи в сети NGN

Arrival processes of the voice traffic in the NGN

Аннотация

В статье рассматривается задача определения характера потока IP пакетов в сетях NGN. Задача решена за счет построения имитационной модели, адекватной реальному процессу обмена IP пакетами. С помощью моделирования доказано, что для реальных значений интенсивности потока вызовов порождается пуассоновский поток IP пакетов.

Обмен информацией любого вида (речь, данные, видео) в сетях следующего поколения (NGN) осуществляется в форме IP пакетов. Это положение радикально меняет основные принципы исследования узлов коммутации NGN. Известно, что трафик речи приносит отрасли "Связь" основные доходы. Кроме того, трафик речи очень чувствителен к задержкам передачи информации. По этим причинам анализ вероятностно-временных характеристик обслуживания трафика речи при переходе NGN становится очень актуальной задачей. Для ее решения, прежде всего, необходимо определить характер трафика речи в сети NGN, представляющего собой совокупность IP пакетов [1], которыми обмениваются терминалы в процессе разговора.

В сети телефонной связи в моменты времени T_j поступают вызовы (заявки – в терминах теории массового обслуживания). Измерения, проводимые уже более ста лет, показали, что этот поток вызовов, в большинстве случаев, подчиняется распределению Пуассона [2, 3]. Это означает, что функция $A(t)$ распределения длительности интервалов между вызовами экспоненциальна с интенсивностью λ. Математическое ожидание длительности интервала между вызовами равно λ^{-1}. Величины λ и n (количество абонентов) связывает следующая формула: $3600 \cdot \lambda = n \cdot i$, где i – количество вызовов, совершаемых абонентом в час. Например, если один абонент делает 5 вызовов в час наибольшей нагрузки (среднестатистические данные для телефонной сети общего пользования), то это означает, что 200 абонентов сделают 1000 вызовов в час наибольшей нагрузки. Тогда, пересчитав в секунды, получим λ = 0,2778 с$^{-1}$.

Термин "заявка" является универсальным в теории телетрафика [3]. Это означает, что и вызов, и пакет – это заявки. В сети NGN каждый успешный вызов порождает поток IP пакетов (заявок). Следовательно, в количественном выражении вызовы и пакеты не идентичны. Число пакетов прямо пропорционально времени разговора. Пакеты передаются только в то время, когда абонент говорит (иными словами – активен). Обычно время активности оценивается коэффициентом α, который считается равным коэффициенту β – доле времени, когда говорит другой абонент. Коэффициент $\gamma = 1 - (\alpha + \beta)$ определяет период времени, когда молчат оба абонента. Типичное распределение можно считать таким: $\alpha = 0,45$, $\beta = 0,45$, $\gamma = 0,1$. Ситуации, когда одновременно говорят оба абоненты, встречаются очень редко. Такие события в модели не учитываются.

Задача, рассматриваемая в статье, состоит в том, чтобы определить характер потока IP пакетов, учитывая произвольный характер активности абонентов (рис. 1). Расчёт производится для часа наибольшей нагрузки, который выбирается для оценки ресурсов сети.

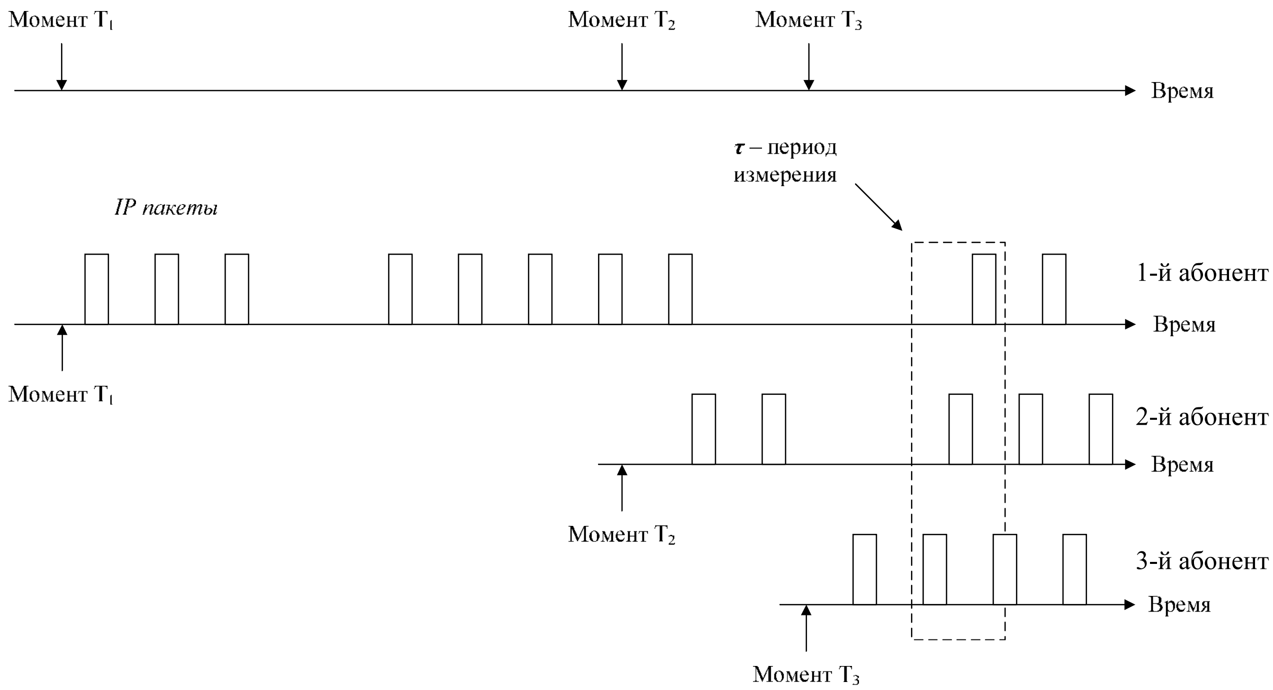

Рис. 1. Временная диаграмма сеанса связи для трех абонентов в IP-сети

Рассмотрим модель из одного узла и группы абонентов, соединённых друг с другом только через него. Поток вызовов, который считается пуассоновским, представляет собой суммарный поток, генерируемый всеми абонентами. В телефонной сети потери составляют 1 – 2%, а для одного узла – около 0,5%. При моделировании этими потерями можно пренебречь.

Пакеты передаются только тогда, когда абонент говорит, и не передаются, когда абонент слушает. Предположим, что пакеты в период активности передаются через 0,02 с (средняя величина, часто используемая в IP-телефонии). Длительность самого периода активности определяется временем произнесения нескольких фраз. В рассматриваемой модели считается, что эта величина не может быть меньше трёх секунд. Длина разговора между абонентами определяется своим средним значением.

В телефонии часто используют предположение о том, что входящий поток вызовов является простейшим. Такому потоку присущи три важных свойства: он стационарен, ординарен и не имеет последействия. Это означает, что λ не является функцией от t. Распределение длин промежутков между вызовами для простейшего потока подчиняется экспоненциальному закону:

$$A(t) = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Тогда вероятность поступления ровно k вызовов за период длительностью t определяется распределением Пуассона:
$$\pi_k(a, a+t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}.$$

Для определения характера трафика речи в сети NGN были решены две основных подзадачи:

- Построена модель сети, исследованы значения загруженности узла IP пакетами в каждую единицу времени для разных значений λ.
- Проверено, являются ли данные, полученные в результате работы модели, выборкой из распределения Пуассона.

Для решения первой подзадачи был разработан и реализован следующий алгоритм:

1. Прогнозируется поступление звонков на всё время исследования.

1.1 Заполняется массив $A(i), A(i) = A(i-1) + t$, где i – номер поступившего звонка, $A(i)$ – время, когда поступил этот звонок. (Определение времени вызовов можно делать и во время запущенного счётчика времени, но сделать это вначале рациональнее с точки зрения потребляемых ресурсов компьютера).

1.2 Значения массива $A(i)$ накладываются на решётку с шагом 0,02 с (средняя величина на практике) следующим образом: $F(j)$ равно количеству заявок, поступивших в период времени $[i, i+0.02)$. Получаем функцию $F(j)=k$, где j – единица машинного времени, $j \cdot 50 = 1c$, k – количество поступивших в эту единицу времени вызовов.

2. Запускается процесс моделирования разговоров (включаем счётчик времени j).

2.1 Если $F(j) > 0$, то определяются данные для новых вызовов.

2.1.1 Случайным образом определяются два абонента. Если один из них говорит в момент выбора, то автоматически выбирается другой абонент, пока не найдется не говорящий. Это действие правомерно, так как по исходным данным гипотеза о пуассоновском потоке вызовов подтверждена измерениями при условии, что ни один вызов не заканчивается соединением из-за занятости вызываемого абонента или его отсутствия. Время разговора $t_1 \in [30, 330]$, равномерно распределённое. Это предположение также является правомерным, так как время исследования больше среднего времени разговора примерно в 1500 раз. Промежуток был выбран на основе статистики для телефонной сети общего пользования [3]. Определяем параметры $\alpha, \beta \in [0.3, 0.6], \gamma \in [0.05, 0.15]$.

2.1.2 Происходит определение: кто, когда и сколько будет говорить – с условием, что активные фразы (когда один из абонентов говорит) не могут быть короче 3-х секунд (кроме завершения разговора). Время задается как случайная величина с равномерным распределением из отрезка [1, *t*], где *t* не превосходит длины всего разговора (определение таких показателей заранее упрощает работу программы). В массив $B(m,n)=l$, где m – номер абонента, n – машинная единица времени ($n\cdot 50=1\,c$), записывается: $l=1$ в случае, если абонент говорит (то есть передаётся IP пакет); $l=-1$ в случае, если он принимает IP пакет; $l=0$ в случае, если пакеты не передаются, то есть оба абонента молчат.

2.2 Вычисляется сумма $|B(m,n)=l|$ со всех активных абонентов работающей модели в каждый момент и делится пополам. Считается, что время задержки передачи IP пакета равно нулю. Таким образом, в каждую единицу времени одновременно: абонент A передает пакет X абоненту C, узел принимает пакет X, узел отдаёт пакет X, абонент C принимает пакет X. Исходя из этого, количество принимаемых пакетов равняется количеству отдаваемых пакетов.

В результате формируется функция (массив) $H(j)=p$, которая для каждого j ($j\cdot 50=1\,c$) выдаёт число, равное количеству IP пакетов, находящихся (поступающих) в это время на узле. Согласно теории телетрафика, скорость передачи IP пакетов по сети в данном случае можно не рассматривать, потому что происходит процесс моделирования загруженности одного узла. Действительно, время задержки IP пакетов в линиях местной сети очень мало, а посчитать требуется загруженность именно узла, поэтому задержкой можно пренебречь.

Далее, для решения второй подзадачи, необходимо найти функцию распределения выборки из полученного потока. Для определения характера IP-трафика на основе полученных результатов используется критерий согласия [4]. Пусть X – выборка из неизвестного распределения F, которое мы получили, F_n^* – эмпирическая функция распределения, построенная по этой выборке, F_1 – некоторое распределение с непрерывной функцией распределения $F_1(y)$.

Вводится функционал $\rho(F_n^*, F_1)$, который измеряет расстояние между эмпирическим и теоретическим распределениями. Это расстояние выбирается из следующих соображений: по заданному ε можно найти c такое, что $\lim_{n\to\infty} P(\rho(F_n^*, F) > c) = \varepsilon$. $\rho(F_n^*, F_2) \xrightarrow[n\to\infty]{P} \infty$, где F_2 распределение отличное от F_1.

Критерий согласия, основанный на таком функционале, строится следующим образом:

$$\delta = \begin{cases} 0, \rho(F_n^*, F_1) \le c \\ 1, \rho(F_n^*, F_1) > c \end{cases}.$$

Можно проверить, является ли функция распределения выборки пуассоновской. Известно, что вероятность попадания k вызовов при пуассоновском распределении в промежуток времени t равна $\pi_k(a, a+t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$. Рассматриваем эту функцию при произвольном a, фиксированном t=0,02 с. Рассматривается выборка для $\lambda = 0{,}3$ и подсчитывается среднее значение. Можно предположить, что выборка имеет распределение Пуассона с параметром $\lambda^* = 38$ (величина находится примерно из графика, рис.2), то есть $\lambda t = 38$, $n = 1320000$. По критерию хи-квадрат функция распределения полученной выборки является пуассоновской. Затем строятся график распределения Пуассона и график полученной выборки. Как видно на рис. 2, распределение выборки лежит близко к распределению Пуассона.

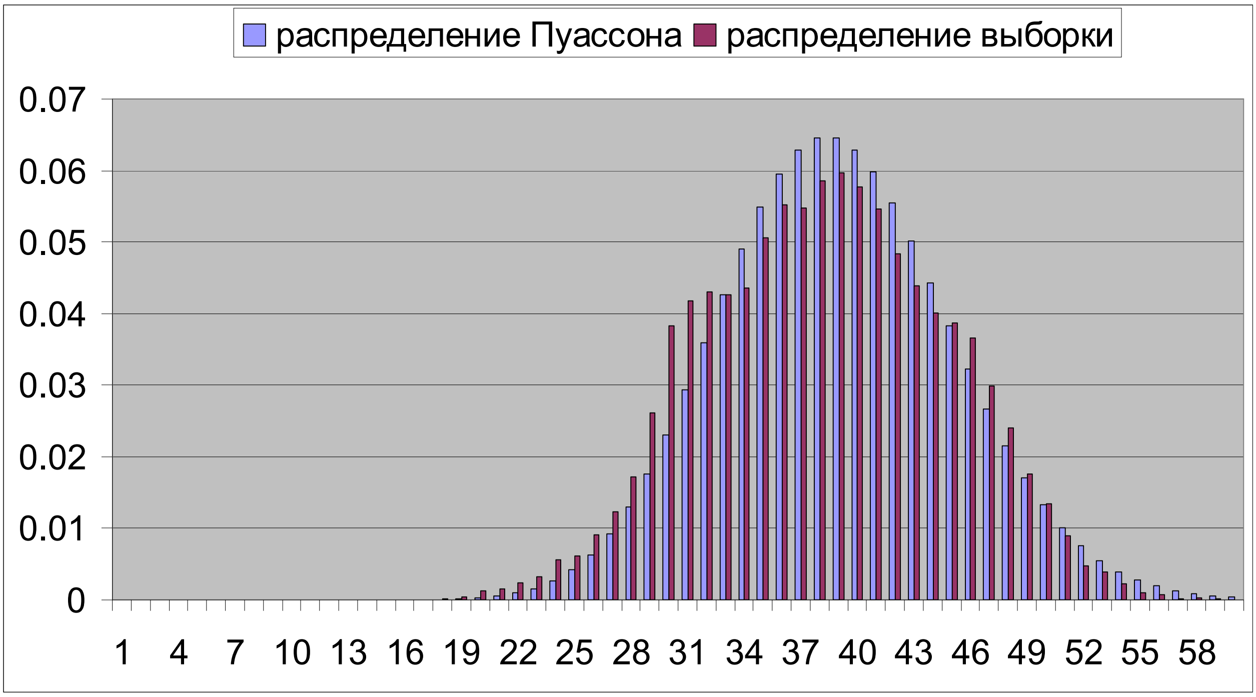

Рис. 2. Распределение полученной выборки и выборки Пуассона, $\lambda = 0.3$.

Для этого значения параметра λ получается следующий график (рис. 3), по оси y – количество поступивших в данную единицу времени заявок на узел, по оси x – время в секундах.

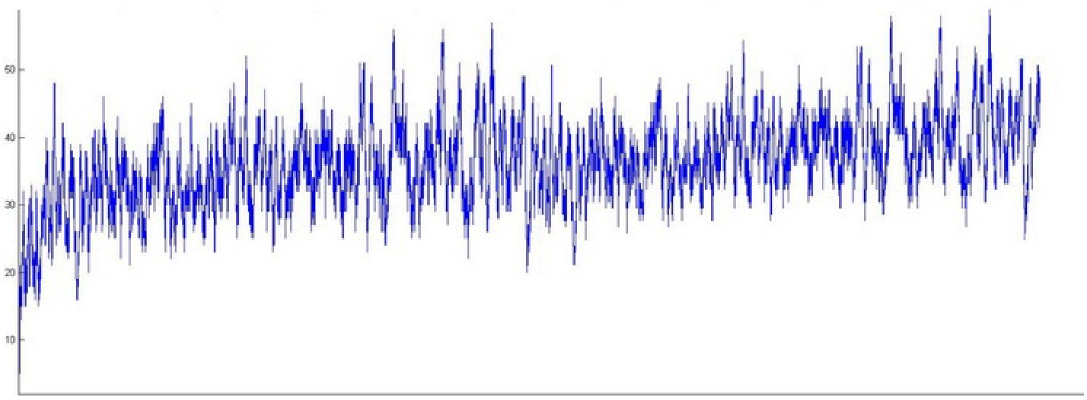

Рис 3. График интенсивности потока заявок, $\lambda = 0.3$.

Исследуем выборку с другим параметром потока, например $\lambda = 1$, и также подсчитаем среднее значение. Предполагается, что выборка имеет распределение Пуассона с $\lambda^* = 129$ (величина находится примерно из графика, рис. 4), то есть $\lambda t = 129$, $n = 1320000$. Получается, что по критерию хи-квадрат функция распределения полученной выборки является пуассоновской.

Рис. 4. Распределение полученной выборки и выборки Пуассона, $\lambda = 1$.

Строятся график распределения случайной величины с распределением Пуассона и график выборки. Как и в предыдущем случае, на рис. 4 видно, что распределение выборки лежит близко к распределению Пуассона.

Для этого λ получается следующий график количества поступивших в данную единицу времени заявок на узел (рис. 5).

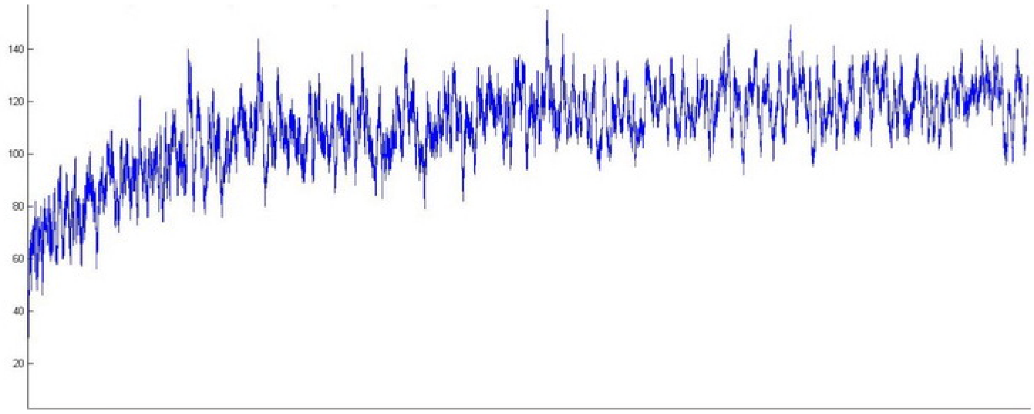

Рис. 5. График интенсивности потока заявок, $\lambda = 1$.

Выводы

Несомненно, что выборка из функции распределения вызовов является пуассоновской. Очевидно, что выборка из функции распределения заявок при коммутации каналов с учётом равномерности распределения вероятности того, от кого поступит следующая заявка, является пуассоновской для каждого отдельного абонента, с параметром $\frac{\lambda}{n}$. При переходе к процессу коммутации пакетов для достаточно большого времени исследования и при фиксированном времени активности абонента (например, 50% от времени разговора, не считая пауз), выборка из функции распределения заявок (IP пакетов) будет также пуассоновской, с параметром $\frac{\lambda}{n} \cdot k$, где $k \approx 100$, т.к. пакеты передаются через интервал 0,02с, и как следствие, выборка из функции распределения заявок суммарно по всем абонентам при коммутации пакетов будет также пуассоновской, с параметром $\lambda \cdot k$. Однако с учётом произвольной активности абонентов, т.е. в ситуации, которая является жизненной, для расчёта функции распределения потока заявок для системы коммутации пакетов требуется построение имитационной модели. По результатам построения этой модели было показано, что распределение этой величины пуассоновское. На графиках соотношения двух распределений для разных параметров потока ($\lambda = 0.3$ и $\lambda = 1$) видно отклонение распределения полученной выборки от распределения Пуассона. Это возникает из-за неравности фаз активности абонентов. Согласно критерию согласия, это отклонение не является существенным, и таким образом можно предположить, что поток заявок является простейшим. Также наблюдается, что с ростом числа абонентов функция распределения характера IP трафика приближается к распределению Пуассона.

Литература

1. N. Wilkinson. Next Generation Network Services. Technologies and Strategies. – John Wiley & Sons, Ltd., 2002.

2. Ливщиц Б.С., Фидлин Я.В., Харкевич А.Д. Теория телефонных и телеграфных сообщений. – М.: Связь, 1971.
3. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. – М.: Радио и Связь, 1996.
4. Боровков А. А. Математическая статистика: оценка параметров, проверка гипотез – Москва, Наука, 1984 г. – 472 с.