ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕГРАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ И ДАННЫХ

Вагиф Фейзиев

Институт кибернетики Национальной Академии Наук Азербайджана
ул.Ф.Агаева, 9, AZ1141, Баку, Азербайджан, тел.: (99412) 439-25-60; E-Mail: feyziyev@mail.ru

Аннотация

Рассматривается модель беспроводной сети связи, поддерживающей обслуживание речевых сообщений и потоков данных. Речевые сообщения имеют абсолютный приоритет перед потоками данных, при этом для ожидания в очереди нетерпеливых потоков данных имеется буфер. Предложена вычислительная процедура для приближенного расчета характеристик этой модели и приведены результаты численных экспериментов.

Введение

В настоящей работе предлагается эффективный алгоритм для приближенного расчета характеристик модели совместной передачи речевых сообщений (v-вызовов) и данных (d-вызовов) в мобильной мультимедийной сети, в которых h-вызовы речевых сообщений имеют абсолютный приоритет перед вызовами данных. Подобная модель была последована в [1], где предложен алгоритм решения указанной задачи. Однако предложенный в [1] алгоритм является эффективным лишь для сетей малой размерности. Вместе с тем, разработанный здесь алгоритм позволяет решить данную задачу для сетей произвольной размерности. Он основан на методе приближенного расчета стационарного распределения двумерных цепей Маркова [2].

Постановка задачи

Рассматривается однородная беспроводная мультимедийная сеть связи для передачи речи и данных. Однородность сети означает, что в ней каждая сота может быть исследована изолированна от других сот, и показатели QoS всей сети могут быть найдены на основе соответствующих показателей QoS отдельных сот.

Стратегия доступа речевых вызовов определяется следуюшим образом. Новый v-вызов (o.v-вызов) принимается для обслуживания, если в момент его поступление в системе имеется хотя бы один свободный канал. Хэндовер v-вызов (h.v-вызов) имеет абсолютный приоритет перед d-вызовами любого типа (новый или хэндовер). Это означает, что если в момент поступления h.v-вызова в соте отсутствует свободный канал, то поступивший вызов может прерывать обслуживание d-вызова, обслуживаемый одним каналом. При этом прерванный d-вызов в дальнейшем будет обслуживаться с прерванного места. Однако, прерывание обслуживание d-вызова может происходит лишь тогда, когда в очереди d-вызовов (с максимальной длиной R) имеется хотя бы одно свободное место для прерванного вызова, так как прерванный вызов присоединяется к очереди; в противном случае, прерывание не происходит и поступивший h.v-вызов теряется.

Стратегия доступа для данных определяется следующим образом. Прежде всего, отметим, что d-вызовы являются широкополосными и неэластичными, т.е. d-вызов может обслуживаться b, b≥1, каналами одновременно, и они занимают любые b свободные каналы. Если в момент поступления нового d-вызова (o.d-вызов) в системе отсутствуют необходимое число свободных каналов, то этот вызов теряется. Только хэндовер d-вызовы (h.d-вызовы) присоеденяются к очереди, при этом они в очереди являются нетерпеливыми. Иными словами, после ожидания в очереди некоторое случайное время h.d-вызовы покидают очередь без возобновления их обслуживания в дальнейшем.

Вводятся следующие обозначения: $\lambda_{o.v}(\lambda_{o.d})$ - интенсивность пуассоновского потока o.v-вызовов (o.d-вызовов), $\lambda_{h.v}(\lambda_{h.d})$ - интенсивность пуассоновского потока h.v-вызовов (h.d-вызовов), $\mu_v^{-1}(\mu_d^{-1})$ - среднее время обработки одного v-вызова (d-вызова), $\tau_v^{-1}(\tau_d^{-1})$ - среднее время пребывания v-вызова (d-вызова) в соте, γ^{-1} - среднее время терпеливости h.d-вызовов в очереди, N - общее число каналов соты, R - максимально допустимая длина очереди h.d-вызовов.

Отметим, что с целью получения обозримых результатов для этой достаточно сложной модели здесь предполагается, что время обработки вызовов, время их пребывания в соте, а также время терпеливости d-вызовов имеют экспоненциальное распределения с указанными выше параметрами. Также предполагается, что b=1. Полученные здесь результаты тривиальным образом переносятся для моделей, в которых b>1.

Расчет характеристик модели

В стационарном режиме состояния данной системы в произвольный момент времени может задаваться с помощью двумерного вектора $\boldsymbol{n} = (n_1, n_2)$, где n_1 указывает число v-вызовов в каналах, $n_1 = \overline{0, N}$, а n_2-общее число d-вызовов в системе (в каналах и очереди), $n_2 = \overline{0, N+R}$. Множество всех возможных состояний системы обозначим через

$$S := \{\boldsymbol{n} : n_1 = \overline{0, N}, n_2 = \overline{0, N+R-n_1}\}. \tag{1}$$

Исходя из стратегии доступа разнотипных вызовов в систему, а также механизма их обслуживания заключаем, что элементы производящей матрицы соответствующей цепи Маркова $q(\boldsymbol{n}, \boldsymbol{n}'), \boldsymbol{n}, \boldsymbol{n}' \in S$, определяются из следующих соотношений:

$$q(\boldsymbol{n}, \boldsymbol{n}') = \begin{cases} \lambda_d, \quad если \quad n_1 + n_2 < N, \ \boldsymbol{n}' = \boldsymbol{n} + \boldsymbol{e}_2, \\ \lambda_{h.d}, \quad если \quad n_1 + n_2 \geq N, \ \boldsymbol{n}' = \boldsymbol{n} + \boldsymbol{e}_2, \\ \lambda_v, \quad если \quad n_1 + n_2 < N, \ \boldsymbol{n}' = \boldsymbol{n} + \boldsymbol{e}_1, \\ \lambda_{h.v}, \quad если \quad n_1 + n_2 \geq N, n_1 + n_2 < N + R, \ \boldsymbol{n}' = \boldsymbol{n} + \boldsymbol{e}_1, \\ n_2 \nu_d, \quad если \quad n_1 \neq N, \ n_1 + n_2 \leq N, \boldsymbol{n}' = \boldsymbol{n} - \boldsymbol{e}_2, \\ (N - n_1)\nu_d + (n_1 + n_2 - N)\gamma, \quad если \quad n_1 \neq N, \ n_1 + n_2 > N, \ \boldsymbol{n}' = \boldsymbol{n} - \boldsymbol{e}_2 \\ n_2 \gamma, \quad если \quad n_1 = N, \ \boldsymbol{n}' = \boldsymbol{n} - \boldsymbol{e}_2 \\ n_1 \nu_v, \quad если \quad \boldsymbol{n}' = \boldsymbol{n} - \boldsymbol{e}_1 \\ 0 \quad в \ остальных \ случаях, \end{cases} \tag{2}$$

где $\boldsymbol{e}_1 = (1,0), \boldsymbol{e}_2 = (0,1), \nu_x = \mu_x + \tau_x, \ \lambda_x = \lambda_{o.x} + \lambda_{h.x}, \ x \in \{d, v\}$.

Стационарную вероятность состояния $\boldsymbol{n} \in S$ обозначим $p(\boldsymbol{n})$. Вероятность блокировки новых v-вызовов $(PB_{o.v})$ и d-вызовов $(PB_{o.d})$ являются одинаковыми, и определяются следующим образом:

$$PB_{o.v} = PB_{o.d} = \sum_{n_1=0}^{N} \sum_{n_2=N-n_1}^{N+R-n_1} p(n_1, n_2). \tag{3}$$

Вероятность потери h.v-вызовов ($PD_{h.v}$) и h.d-вызовов ($PD_{h.d}$) определяются так:

$$PD_{h.v} = \sum_{n_2=0}^{R} p(N, n_2) + \sum_{n_1=0}^{N-1} p(n_1, N + R - n_1), \tag{4}$$

$$PD_{h.d} = \sum_{n_1=0}^{N-1} p(n_1, N + R - n_1) + \frac{1}{\lambda_{h.d} + \lambda_{h.v} P_p} \sum_{i=1}^{R} Q(i), \tag{5}$$

где $P_p = \sum_{n_1=0}^{N-1} \sum_{n_2=N-n_1}^{N+R-n_1-1} p(n_1, n_2), \ Q(i) = \sum_{n_1=0}^{N} i\gamma p(n_1, N - n_1 + i), \ i = \overline{1, R}.$

Таким образом, для вычисления характеристик системы (3)-(5) потребуется предварительное нахождение стационарного распределения $(p(\boldsymbol{n}); \boldsymbol{n} \in S)$ соответствующей двумерной цепи Маркова. Ниже для нахождения характеристик системы предлагается использовать подход, предложенный в работе [2].

Рассмотрим следующее разбиение множество возможных состояний системы:

$$S = \bigcup_{i=0}^{N} S_i, \ S_i \cap S_j = 0, \ i \neq j, \tag{6}$$

где $S_i := \{\boldsymbol{n} \in S; n_1 = i\}$. Иными словами, класс состояний S_i содержит все те микросостояния (MC) $\boldsymbol{n} \in S$, в которых число v-вызовов ровно $i, i = \overline{0, N}$. Далее на основе разбиение (6) строится функция укрупнения, $U : S \to Z_N, Z_N := \{0,1,2,...,N\}$, которая определяется так:

$$U(\boldsymbol{n}) = < i >, \ если \ \boldsymbol{n} \in S_i \tag{7}$$

Для нахождения элементов производящей матрицы укрупненной модели потребуется предварительное нахождение стационарное распределение внутри классов $S_i, i = \overline{0, N}$.

Пусть $\rho_i(j)$ означает стационарную вероятность состояния (i, j) в расщепленной модели с пространством состояний S_i. Тогда, нетрудно убедится в том, что указанные величины определяются так:

для $i=\overline{0,N-1}$:

$$\rho_i(j)=\begin{cases}\left(\dfrac{\lambda_d}{\nu_d}\right)^j\dfrac{1}{j!}\rho_i(0), & если\ 1\le j\le N-i,\\ \left(\dfrac{\lambda_d}{\nu_d}\right)^{N-i}\dfrac{1}{(N-i)!}\dfrac{\lambda_{h.d}^{i+j-N}}{\prod\limits_{k=1}^{i+j-N}\left((N-i)\nu_d+k\gamma\right)}\rho_i(0), & если\ N-i+1\le j\le N+R-i,\end{cases} \tag{8}$$

где

$$\rho_i(0)=\left(\sum_{j=0}^{N-i}\left(\frac{\lambda_d}{\nu_d}\right)^j\frac{1}{j!}+\left(\frac{\lambda_d}{\nu_d}\right)^{N-i}\frac{1}{(N-i)!}\sum_{j=N-i+1}^{N+R-i}\frac{\lambda_{h.d}^{i+j-N}}{\prod\limits_{k=1}^{i+j-N}\left((N-i)\nu_d+k\gamma\right)}\right)^{-1}; \tag{9}$$

для

$$i=N:\ \rho_N(j)=\frac{1}{j!}\left(\frac{\lambda_{h.d}}{\gamma}\right)^j\rho_N(0),\quad j=\overline{1,R}, \tag{10}$$

где

$$\rho_N(0)=\left(\sum_{j=0}^{R}\frac{1}{j!}\left(\frac{\lambda_{h.d}}{\gamma}\right)^j\right)^{-1}. \tag{11}$$

Тогда, с использованием (2) и (8)-(11) находятся элементы производящей матрицы $q(<i>,<i'>),\ i,i'\in Z_N$, укрупненной модели:

$$q(<i>,<i'>)=\begin{cases}\lambda_v\sum\limits_{j=0}^{N-i-1}\rho_i(j)+\lambda_{h.v}\sum\limits_{j=N-i}^{N+R-i-1}\rho_i(j), & если\ i\le N-1,\ i'=i+1,\\ i\nu_v, & если\ i\le N,\ i'=i-1.\end{cases} \tag{12}$$

Укрупненная модель представляет собой процесс размножения и гибели, при этом соответствующие интенсивности определяются из (12). Тогда, находим, что стационарное распределение укрупненной модели $(\pi(<i>):i\in Z_N)$ определяется так:

$$\pi(<i>)=\prod_{j=0}^{i-1}\frac{q(<i>,<i+1>)}{q(<i+1>,<i>)}\pi(<0>), \tag{13}$$

где

$$\pi(<0>)=\left(1+\sum_{j=1}^{N}\prod_{t=0}^{j-1}\frac{q(<i>,<i+1>)}{q(<i+1>,<i>)}\right)^{-1}. \tag{14}$$

Стационарное распределение исходной модели приближенно определяется так:

$$\rho(n_1,n_2)\approx\rho_{n_1}(n_2)\pi(<n_1>),\ (n_1,n_2)\in S. \tag{15}$$

Таким образом, для приближенного расчета характеристик системы (3)-(5) предло-жена простая вычислительная процедура.

Выводы

Предложенная вычислительная процедура позволяет не только осуществить анализ характеристик системы совместной передачи речи и данных, но а также с ее помощью можно решит ряд задач по их оптимизации. Кроме того, с применением данного подхода можно разработать соответствующую вычислительную процедуры для анализа характеристик модели подобной системы с бесконечной очередью d-вызовов. Эти проблемы представляют собой предмет специальных исследований.

Литература:

[1] Zhuang W., Bensaou B., Chua K.C. Handoff priority scheme with preemptive, finite queueing and reneging in mobile multiservice networks // Telecommunication Systems. -2000, vol.15, pp.37-45.

[2] Melikov A.Z., Babayev A.T. Refined approximations for performance analysis and optimization of queuing model with guard channels for handovers in cellular networks // Computer Communications. -2006, vol.29, pp.1386-1392.