В. Ш. ФЕЙЗИЕВ

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕГРАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ И ДАННЫХ

Институт кибернетики НАН Азербайджана
ул.Ф.Агаева, 9, 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.

Ключевые слова: беспроводная сеть святи, модель сети.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей работе предлагается эффективный алгоритм для приближенного расчета характеристик модели совместной передачи речевых сообщений (*v*-вызовов) и данных (*d*-вызовов) в мобильной мултимедийной 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 мултимедийная сеть связи для передачи речи и данных. Однородность сети означает, что в ней каждая сота может быть исследована изолированная от других сот, и таким образом, показатели *QoS* всей сети могут быть найдены на основе соответствующих показателей *QoS* отдельных сот.

Стратегия доступа речевых вызовов определяется следующим 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, $b\geq 1$, 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) присоединяются 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 (например, пользователи Интернет после ожидания для подключение определенное время прерывают попытку для соединения).

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

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

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:

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

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:

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

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:

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

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 $i = \overline{0, N-1}$:

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

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:

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

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:

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

Таким образом, для приближенного расчета характеристик системы (3)-(5) предложена 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhuang W. Handoff priority scheme with preemptive, finite queueing and reneging in mobile multiservice networks / W.Zhuang, B.Bensaou, K.C.Chua // Telecommunication Systems. - Dallas: Springer, 2000. - Vol.15 - PP.37-45. - ISSN 1018-4864.

2. Melikov A.Z. Refined approximations for performance analysis and optimization of queuing model with guard channels for handovers in cellular networks / A.Z.Melikov, A.T.Babayev // Computer Communications. - Amsterdam: Elsevier, 2006. - Vol.29. – PP.1386-1392. - ISSN 0140-3664.

Надійшла до редакції 12.01.2009р.

ФЕЙЗИЕВ ВАГИФ ШЕЙДУЛЛА – аспирант, институт кибернетики НАН Азербайджана, тел: (99412) 439-25-60, *E-mail: feyziyev@mail.ru*