

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 связи, 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 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 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 поступления 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 обслуживания d -вызова может происходить 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 подключения 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 обзримых 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 $\mathbf{n} = (n_1, n_2)$, 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

$$S := \{n : n_1 = \overline{0, N}, n_2 = \overline{0, N + R - n_1}\} \quad (1)$$

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

$$q(n, n') = \begin{cases} \lambda_d, & \text{если } n_1 + n_2 < N, \quad n' = n + e_2, \\ \lambda_{h,d}, & \text{если } n_1 + n_2 \geq N, \quad n' = n + e_2, \\ \lambda_v, & \text{если } n_1 + n_2 < N, \quad n' = n + e_1, \\ \lambda_{h,v}, & \text{если } n_1 + n_2 \geq N, \quad n_1 + n_2 < N + R, \quad n' = n + e_1, \\ n_2 v_d, & \text{если } n_1 \neq N, \quad n_1 + n_2 \leq N, \quad n' = n - e_2, \\ (N - n_1) v_d + (n_1 + n_2 - N) \gamma, & \text{если } n_1 \neq N, \quad n_1 + n_2 > N, \quad n' = n - e_2 \\ n_2 \gamma, & \text{если } n_1 = N, \quad n' = n - e_2 \\ n_1 v_v, & \text{если } n' = n - e_1 \\ 0 & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (2)$$

где $e_1 = (1, 0)$, $e_2 = (0, 1)$, $v_x = \mu_x + \tau_x$, $\lambda_x = \lambda_{o,x} + \lambda_{h,x}$, $x \in \{d, v\}$.

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

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

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

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

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

где

$$P_p = \sum_{n_1=0}^{N-1} \sum_{n_2=N-n_1}^{N+R-n_1-1} p(n_1, n_2),$$

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

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

Рассмотрим следующее разбиение множество возможных состояний системы:

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

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

$$U(n) = \langle i \rangle, \text{ если } n \in S_i \quad (7)$$

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 убедиться в том, что указанные величины определяются так:

для $i = \overline{0, N-1}$:

$$\rho_i(j) = \begin{cases} \left(\frac{\lambda_d}{\nu_d}\right)^j \frac{1}{j!} \rho_i(0), & \text{если } 1 \leq j \leq N-i, \\ \left(\frac{\lambda_d}{\nu_d}\right)^{N-i} \frac{1}{(N-i)!} \frac{\lambda_{h,d}^{i+j-N}}{\prod_{k=1}^{i+j-N} ((N-i)\nu_d + k\gamma)} \rho_i(0), & \text{если } N-i+1 \leq j \leq N+R-i, \end{cases} \quad (8)$$

где

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

для $i = N$:

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

где

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

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

$$q(\langle i \rangle, \langle i' \rangle) = \begin{cases} \lambda_v \sum_{j=0}^{N-i-1} \rho_i(j) + \lambda_{h,v} \sum_{j=N-i}^{N+R-i-1} \rho_i(j), & \text{если } i \leq N-1, i' = i+1, \\ i v_v, & \text{если } i \leq N, i' = i-1. \end{cases} \quad (12)$$

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

$$\pi(\langle i \rangle) = \prod_{j=0}^{i-1} \frac{q(\langle i \rangle, \langle i+1 \rangle)}{q(\langle i+1 \rangle, \langle i \rangle)} \pi(\langle 0 \rangle), \quad (13)$$

где

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

Стационарное распределение исходной модели приближенно определяется так:

$$\rho(n_1, n_2) \approx \rho_{n_1}(n_2) \pi(\langle n_1 \rangle), \quad (n_1, n_2) \in S. \quad (15)$$

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 queueing 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 – аспірант, інститут кібернетики НАН Азербайджана,
тел: (99412) 439-25-60, E-mail: feyziyev@mail.ru