Инженерный вестник Дона, №3 (2015)
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3276

Математическая модель функционирования распределённой информационной системы на базе архитектуры «файл – сервер» с учётом влияния блокировок

А. Н. Скоба, М.Л. Логанчук

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им.М. И. Платова, Новочеркасск

Аннотация: В данной статье с использованием аппарата замкнутых экспоненциальных сетей массового обслуживания (СеМО), разработана математическая модель для решения задачи получения интегральных показателей распределённой информационной системы на базе локальной вычислительной сети (ЛВС) с использованием файл-серверной архитектуры с учётом влияния блокировок на уровне всей базы данных. Представлены аналитические выражения для вычисления интенсивностей обслуживания в узлах сети и матриц переходных вероятностей, учитывающие влияние блокировок, а таже выражение, для вычисления среднего времени реакции системы на запросы пользователей.

Ключевые слова: распределённая информационная система, распределённая база данных, локальная вычислительная сеть, сеть массового обслуживания, концептуальная модель, экспоненциальный закон распределения случайной величины, стационарная вероятность, марковский процесс, уравнение глобального баланса, время реакции системы, нормализующая константа, рекуррентная процедура.

Математические модели распределённых информационных систем (ИС), разработанные и представленные в работах [1,2] не учитывают влияния блокировок . Согласно [3] , блокировка возникает в тот момент, когда заявки одного или нескольких пользователей ИС обращаются к базе данных, расположенной на одной из пользовательских ПЭВМ, но в свою очередь, эта же база данных была ранее активирована запросом другого пользователя, который ещё не получил подтверждения о его выполнении. Соответственно, с одной стороны, блокировка повышает степень обеспечения целостности данных, а с другой - приводит к увеличению «реактивности» системы-среднего времени реакции системы на запросы пользователей.

Исходные данные для конструирования математической модели и концептуальная модель , разрабатываемой распределённой ИС совпадают с исходными данными и концептуальной моделью для распределённой ИС без учёта влияни блокировок и преведены в работе [1].

Для математического описания рассматриваемой распределённой ИС, с учётом влияния блокировок, была использована система линейных разностных уравнений [5-7]:

$$\sum_{k=1}^{2n+1}\sum_{r=1}^{n} P(\bar{i})\mu_{kr} = \sum_{l=1}^{2n+1}\sum_{k=1}^{2n+1}\sum_{r=1}^{n} P(\bar{i} + \bar{1}_{lr} - \bar{1}_{kr})\mu_{lr}P_{lk}(r), \qquad (1)$$

где $P(\bar{i})$ – стационарное распределение вероятностей состояний рассматриваемой замкнутой однородной экспоненциальной сети массового обслуживания (СеМО); $\mu_{sr}^{-1}, (r = \overline{1,n}, s = \overline{1,2n+1})$ – время обслуживания в s-м узле сообщения r-го пользователя; $\bar{1}_{sr}$ – вектор, в s-ой координате которого $(s = \overline{1,2n+1})$ на r-м месте $(r = \overline{1,n})$ стоит 1, а все остальные значения равны нулю; $\|P_{ik}(s)\|$ $(i, k = \overline{1,2n+1}, s = \overline{1,n})$ – матрица переходных вероятностей.

При конструировании элементов матриц $\|P_{ik}(s)\|$ учитывался тот факт, что вероятности следования запросов для некоторого пользователя рассматриваемой распределённой ИС могут быть вычислены без учёта вероятности следования запросов других пользователей [5,6]. Другими словами, введение в замкнутую экспоненциальную СеМО, содержащую один класс запросов, произвольного числа запросов других классов , так же, как и запросы рассматриваемого класса, циркулирующие в сети, не изменяют переходных вероятностей нахождения запросов рассматриваемого класса в сети. Это даёт возможность декомпозиции исходной СеМО с s классами запрсов на s СеМО с тем же числом СМО, но с одним запросом.

С учётом декомпозиционного подхода, расчёт величин $\|P_{ik}(s)\|$ $(i, k = \overline{1,2n+1}, s = \overline{1,n})$ выполнен следующим образом:

$$P_{ik}(s)=\begin{cases}1-\sum\limits_{l=1}^{q}\sum\limits_{j=1}^{d}f_{sl}\delta_{lj}x_{js}, i=1, k=s+1;\\ \sum\limits_{l=1}^{q}\sum\limits_{j=1}^{d}f_{sl}\delta_{lj}x_{js}, i=1, k=n+s+1;\\ 1, \text{если} \sum\limits_{l=1}^{q}\sum\limits_{j=1}^{d}f_{sl}\delta_{lj}x_{jz}\neq 0, \text{при } z=\overline{1,n}, i=z+1, i\neq s+1, k=1;\\ z=\overline{1,n}, i=n+1+z, z\neq s, k=z+1 \text{и } z=s, k=1;\\ \dfrac{\sum\limits_{l=1}^{q}\sum\limits_{j=1}^{d}f_{sl}\delta_{lj}x_{jz}}{1-\sum\limits_{l=1}^{q}\sum\limits_{j=1}^{d}f_{sl}\delta_{lj}x_{js}}, \text{если} \sum\limits_{l=1}^{q}\sum\limits_{j=1}^{d}f_{sl}\delta_{lj}x_{js}\neq 1, \text{при } i=s+1, z=\overline{1,n},\\ k=n+1+z, k\neq n+s+1;\\ 0, \text{во всех остальных случаях.}\end{cases}$$

При вычислении величин $\mu_{sr}\left(s=\overline{1,2n+1}, r=\overline{1,n}\right)$, также был применён декомпозиционный подход, на основании которого были выделены две основные схемы выполнения запросов: первая схема описывает выполнение тех запросов s-го пользователя, для которых необходимая база данных размещается на s-ой ПЭВМ; вторая - когда для запросов s-го пользователя необходимые базы данных расположены на других ПЭВМ сети. Кроме того, для учёта влияния блокировок, предусмотрены временные задержки запросов, находящихся в очереди к каналу. С учётом всего этого, по сравнению с [1], расчёт величин $\mu_{sr}\left(s=\overline{1,2n+1}, r=\overline{1,n}\right)$ модифицируется:

$$
\mu_{sr} = \left(\begin{array}{l} s=\overline{1,2n+1}, \\ r=\overline{1,n} \end{array}\right)
\begin{cases}
\lambda_r, s=1, r=\overline{1,n}; \\
\theta_0^{-1}, r=\overline{1,n}, z=\overline{1,n}, s=1+z, z=r; \\
\left(\theta_0 + \dfrac{\sum\limits_{l=1}^{q} f_{rl} \sum\limits_{j=1}^{d} \delta_{lj} v_j x_{jz}}{\theta}\right)^{-1}, r=\overline{1,n}, z=\overline{1,n}, s=1+z, z\neq r; \\
\left(\alpha_0 + \dfrac{\sum\limits_{l=1}^{q} f_{rl} \sum\limits_{j=1}^{d} \delta_{lj} v_j x_{jz}}{VV_z} + \dfrac{\sum\limits_{l=1}^{q} f_{rl} \sum\limits_{k=1}^{n} \sum\limits_{j=1}^{d} \delta_{lj} v_j x_{jk}}{PU_z} + \dfrac{\sum\limits_{l=1}^{q} f_{rl} \sum\limits_{k=1}^{n} \sum\limits_{j=1}^{d} b_{lj} x_{jk}}{VD_z} + \dfrac{\sum\limits_{\substack{k=1\\k\neq r}}^{n} \sum\limits_{l=1}^{q} \sum\limits_{j=1}^{d} f_{kl} \delta_{lj} v_j x_{jz}}{\theta}\right)^{-1}, \\
r=\overline{1,n}, z=\overline{1,n}, s=n+1+z, r=z; \\
\left(\alpha_0 + \dfrac{\sum\limits_{l=1}^{q} f_{rl} \sum\limits_{j=1}^{d} \delta_{lj} v_j x_{jz}}{VV_z}\right)^{-1}, r=\overline{1,n}, z=\overline{1,n}, s=n+1+z, r\neq z.
\end{cases}
$$

В работах [5,6] показано, что решение системы уравнений (1), может быть получено в виде:

$$
P(\bar{i}) = G^{-1}(N_1,\ldots,N_n)\prod_{s=1}^{2n+1} Z_s(\bar{i}_s).
$$

Здесь $G(N_1,\ldots,N_n)$ – нормализующая константа, $Z_s(\bar{i}_s)$ - вероятность стационарного агрегированного состояния СеМО в состоянии $\bar{i}_s$, зависящая от типа используемого узла. Согласно [6], выражения для $G(N_1,\ldots,N_n)$ и $Z_s(\bar{i}_s)$ имеют вид:

$$
G(N_1,\ldots,N_n) = \sum_{\bar{i}\in E(N_1,\ldots,N_n;2n+1)} \prod_{s=1}^{2n+1} Z_s(\bar{i}_s),
$$

$\bar{i}_s$ - общее число сообщений в центре s$\left(i_s = \sum\limits_{r=1}^{n} i_{sr}\right)$,

$$
Z_s(\bar{i}_s) = i_s! \prod_{r=1}^{n} \frac{1}{i_{sr}!}\left(\frac{e_{sr}}{\mu_{sr}}\right)^{i_{sr}}.
$$

Расчёт величин $e_{sr}\left(s=\overline{1,2n+1}, r=\overline{1,n}\right)$-относительных интенсивностей потока запросов класса *r*, проходящих через центр *s*, сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений:

$$e_{sr}=\sum_{j=1}^{2n+1} e_{jr} P_{js}(r), s=\overline{1,2n+1}, r=\overline{1,n}.$$

Для вычисления реактивности системы $\overline{T}$, можно воспользоваться формулой [1]:

$$\overline{T}=\frac{1}{\sum_{r=1}^{n}\lambda_r}\sum_{r=1}^{n}\lambda_r \overline{T}_r, \qquad (2)$$

где $\lambda^{-1}{}_r, \left(r=\overline{1,n}\right)$ – время формирования запросов *r*-м пользователем; $\overline{T}_r, \left(r=\overline{1,n}\right)$ – среднее время реакции системы на запрос *r*-го пользователя. Как было показано в работах [1,2] , расчёт величины $\overline{T}$ по формуле (2), может быть сведён к одной из рекурретных процедур вычисления нормализующей константы $G(N_1,\dots,N_n)$. Подробно, вычислительные схемы этих процедур, их достоинства и недостатки, приведены в работах [8-10].

Литература

1. Скоба А. Н., Состина Е. В. Математическая модель оптимального размещения распределённой базы данных по узлам ЛВС на базе файл – серверной архитектуры // Инженерный вестник Дона.2015. №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2881.

2. Скоба А. Н., Состина Е. В. Математическая модель оптимального размещения распределённой базы данных по узлам ЛВС на базе двухуровневой клиент – серверной архитектуры // Инженерный вестник Дона.2015. №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2882.

3. Черноморов Г.А. Теория принятия решений: Учебное пособие / Юж. - Рос. гос. техн. ун-т.-3-е изд. перераб. и доп. - Новочеркасск : Ред. журн. - «Изв. Вузов. Электроомеханика», 2005.-448с.

4. Жожикашвили В.А.,Вишневский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. - М.:Радио и связь, 1988.-192с.

5. Герасимов А.И. Теория и практическое применение стохастических сетей. - М.:Радио и связь.,1994.-175с.

6. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей.- М.: Техносфера, 2003.- 512 с.

7. Скоба А. Н., Состина Е. В. Применение аппарата сетей массового обслуживания для аналитико-численного моделирования работы информационной системы без учёта влияния блокировок // Инженерный вестник Дона.2015. №3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3130.

8. Chakka R., Harrison P.G. A Markov modulated multi-server queue with negative customers – Jhe MM CPP/GE/c/LG-queue // Acta Informatika/-2001.-v.37.pp.785-799.

9. Buzen J.P. Computational Algorithms for Closed Queueing Networks with Exponential Servers // Commun. ACM. -1983. – Vol.16, №9.pp.527-531.

10. Antunes C.H. et al. A Multiple Objective Routing Algorithm for Integrated Communication Network // Proc. ITC-16.-1999.V.3b.-PP.1291-1300.

References

1. Skoba A.N., Sostina E.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №2.URL:ivdon.ru/ru/ magazine/archive/n2y2015/2881.

2. Skoba A.N., Sostina E.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №2.URL:ivdon.ru/ru/ magazine/archive/n2y2015/2882.

3. Chernomorov G.A. Teoriya prinyatiya resheniy [decision making theory]: Uchebnoe posobie. Yuzh. Ros.gos.tekhn. un-t. 3-e izd. pererab. i dop.Novocherkassk : Red. zhurn."Izv.vuzov.Elektromekhanika", 2005. 448p.

4. Zhozhikashvili V.A., Vishnevskiy V.M. Seti massovogo obsluzhivaniya. Teoriya i primenenie k setyam EVM [Queueing networks. Theory and its network application].M. Radio i svyaz', 1988. 192p.

5. Gerasimov A.I. Teoriya i prakticheskoe primenenie stokhasticheskikh setey [Theory and practical application of stochasticnetworks].M. Radio i svyaz', 1994. 175p.

6. Vishnevskiy V.M. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya komp'yuternykh setey [Theoretical foundations of computer network design].M. Tekhnosfera, 2003. 512p.

7. Skoba A.N., Sostina E.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №2.URL:ivdon.ru/ru/ magazine/archive/n3y2015/3130.

8. Chakka R., Harrison P.G. A Markov modulated multi-server queue with negative customers. Jhe MM CPP/GE/c/LG-queue. Acta Informatika.2001. v.37.pp.785-799.

9. Buzen J.P. Computational Algorithms for Closed Queueing Networks with Exponential Servers. Commun. ACM. 1983. Vol.16, №9.pp.527-531.

10. Antunes C. H. et al. A Multiple Objective Routine Algorithm for Integrated Communication Network. Proc ITC-16. 1999. V. 3b. pp. 1291-1300.