

ТЕНЗОРНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНО- ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ*

Д.Ю. Пономарев

Красноярский государственный технический университет, Красноярск, Россия

** Работа поддержана грантом Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-1232.2005.9*

Общие подходы к построению современных сетей связи, в соответствии с «Концептуальными положениями по построению мультисервисных сетей на ВСС РФ», нашли отражение в концепции сетей связи следующего поколения – NGN (Next Generation Networks). Данная концепция обеспечивает предоставление неограниченного набора услуг, гибкую возможность управления, вынесение функций предоставления услуг в оконечные сетевые узлы и взаимодействие с традиционными сетями связи.

В данной работе в качестве модели мультисервисной сети рассмотрена сеть массового обслуживания, источниками информационных потоков являются наиболее подходящие генераторы вызовов с соответствующими функциями распределения. В соответствии с проведенными наблюдениями [1-5], а также с учетом опыта моделирования информационных потоков различного вида [1,2,5,6], был сделан вывод об использовании в качестве источников нагрузки, генераторов со следующими распределениями: экспоненциальное, как классическое представление потоков вызовов; распределение Парето, как обладающее свойством самоподобия [3,5] и распределение Вейбулла, как имеющее т.н. «тяжелый хвост» и наблюдаемое в реальных телекоммуникационных сетях [1,3,5].

Кроме того, для определения загрузки систем, составляющих сеть, был применен тензорный метод анализа загрузки сети. В данном случае для определения загрузки систем массового обслуживания составляющих

моделируемую сеть (рис. 1) использовалось известное выражение для определения коэффициента использования устройств (загрузка), дающее связь между интенсивностью поступления вызовов (λ) и средним временем обслуживания ($t_{обсл}$): $\rho = \lambda t_{обсл}$. Применяв тензорный метод для сложной сети массового обслуживания, используя понятия исходной и примитивной сети, можно получить выражения для определения загрузки в исходной сети, задавая параметры для примитивной сети. Например, в общем виде для СеМО, состоящей из некоторого числа одноканальных систем с бесконечным буфером (данные параметры не являются ограничением метода) необходимо определить примитивную сеть, состоящую из такого же количества систем и описываемых инвариантным уравнением $\bar{\rho}' = \bar{\lambda}' \bar{r}'_{обсл}$, найти матрицу перехода (\bar{C}) от одной проекции к другой: $\bar{\lambda}' = \bar{C} \bar{\lambda}$, определить составляющие матричного уравнения:

$$\bar{C}^T \bar{\rho}' = (\bar{C}^T \bar{r}'_{обсл} \bar{C}) \bar{\lambda}. \quad (1)$$

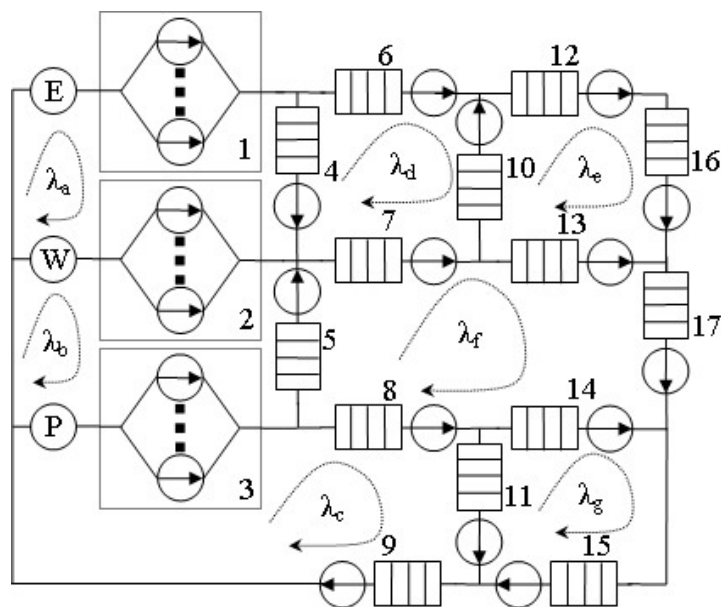


Рисунок 1 – Исследуемая сеть.

Решая полученное уравнение относительно λ , находим коэффициенты использования устройств в исходной сети. Данный подход позволяет при минимальных затратах оценить загрузку сетей, обеспечив тем самым

определение остальных характеристик СеМО: распределение вероятностей состояний по отдельным системам: $p_n = f(\rho)$, а также средней очереди \bar{N} и \bar{T} .

Исследуемая сеть состоит из трех источников нагрузки: E – экспоненциальное распределение, P – распределение Парето и W – распределение Вейбулла; и 17 систем массового обслуживания: с первой по третью многоканальные системы с явными потерями (с различным числом каналов), остальные одноканальные системы с бесконечным буфером, во всех системах, кроме второй и седьмой, распределение длительности обслуживания показательное, во второй и седьмой детерминированное.

Для исследуемой сети необходимо составить таблицу соответствия контурных интенсивностей исходной и примитивной сетей, что и даст матрицу перехода C .

Таблица 1.

t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t ₁₁	t ₁₂	t ₁₃	t ₁₄	t ₁₅	t ₁₆	t ₁₇
0.6	0.7	0.75	0.5	0.9	0.85	0.5	0.6	0.4	0.7	0.75	0.6	0.55	0.75	0.5	0.9	0.7

Используя выражение (1), в котором $\vec{\rho}' = \begin{pmatrix} \rho'_1 \\ \rho'_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \rho'_{17} \end{pmatrix}$; $\vec{t}'_{обсл} = \begin{pmatrix} t_1 & 0 & \bullet & \bullet & 0 \\ 0 & t_2 & \bullet & \bullet & 0 \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ 0 & 0 & \bullet & \bullet & t_{17} \end{pmatrix}$;

$\vec{\lambda}^T = (\lambda_a \lambda_b \lambda_c \lambda_d \lambda_e \lambda_f \lambda_g)$, причем элементы матриц $\vec{\rho}'$ и $\vec{t}'_{обсл}$ имеют численные значения (значения времени обслуживания представлены в таблице 1), составляем матричное уравнение, решение которого дает следующий вектор: $\vec{\lambda}^T = (0.676 \ 0.945 \ 2.045 \ 0.31 \ 0.938 \ 1.294 \ 1.51)$. По данному вектору можно найти загрузки систем составляющих сеть.

С целью подтверждения полученных результатов было проведено имитационное моделирование исследуемой сети в среде GPSS World. Математическое ожидание для распределений генераторов определялось

исходя из расчетных данных и выбранного порядка распределения: распределение Вейбулла с порядком $k=0.5$ и распределение Парето с параметром $\alpha=1.6$. Результаты имитационного моделирования практически совпадают с расчетными значениями.

В качестве заключения можно отметить, что:

- исследование характеристик мультисервисных сетей необходимо проводить как методами математического, так и имитационного моделирования;
- тензорный подход позволяет оценивать загрузку систем аналитически, причем сложность метода растет линейно в зависимости от масштаба сети;
- имитационное моделирование подтверждает возможность использования тензорного подхода к анализу характеристик мультисервисных сетей.

Список литературы

1. Garrett M.W., Willinger W. Analysis, modeling and generation of self-similar VBR video traffic // Proceedings of ACM SIGCOMM'94. – 1994. – P.269-280.
2. Feldmann A., Whitt W. Fitting mixtures of exponentials to long-tail distributions to analyze network performance models // Performance Evaluation. – 1997. – 31.
3. Feldmann A. Characteristics of TCP connection arrivals. // Technical report, AT&T Labs Research. – 1998.
4. Lakhina A., Crovella M., Diot C. Diagnosing Network-Wide Traffic Anomalies // Proceedings of the Conference On Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications. – 2004. – P.219-230.
5. Lakhina A., Papagiannaki K., Crovella M., Diot C., Kolaczyk E.D., Taft N. Structural Analysis of Network Traffic Flows // Proc. of the Joint International Conference on Measurement and Modeling of Computer Systems. – 2004. –
6. Пономарев Д.Ю. Моделирование непуассоновских потоков вызовов // Системные проблемы надежности, качества, информационных и электронных технологий / Материалы Международной конференции и Российской научной школы. – Часть 2. – М: Радио и связь – 2004. – С. 185-186.