

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

Д. Ю. Пономарев (Красноярск)

В соответствии с «Концептуальными положениями по построению мультисервисных сетей на ВСС РФ» основой для построения широкополосных сетей интегрального обслуживания (ШЦСИО) в Российской Федерации выбраны технологии ATM и IP. Однако, в связи с особенностями развития сетей связи в нашей стране и развитие телекоммуникационных технологий в мире, в настоящее время на единой сети электросвязи РФ (ЕСЭ) используется (и будет использоваться) достаточно широкий спектр технологий, каждой из которых присущи как достоинства, так и недостатки.

К недостаткам развития современных сетей связи относится наличие сети для каждого ее вида, вследствие чего – большое количество выделенных сетей, выполняющих строго определенную функцию. Как правило, ресурсы одной сети не могут быть использованы другой, поэтому существует необходимость в производстве и техническом обслуживании новых сетей. В то же время требуется управлять ими, расширять спектр предоставляемых услуг, увеличивать функциональность. Для устранения недостатков необходимо формирование мультисервисных сетей.

Общие подходы к построению данных сетей связи нашли отражение в концепции NGN (Next Generation Networks), которая обеспечивает предоставление неограниченного набора услуг, гибкую возможность управления, вынесение функций предоставления услуг в оконечные сетевые узлы и взаимодействие с традиционными сетями связи.

Действительно, идея NGN включает в себя все то лучшее, что хотели бы видеть потребители услуг в сетях связи. Каждый потребитель может заказывать то, что ему нужно: высококачественные голосовые услуги, передачу данных, услуги факса и телефонии. Все это вписывается в единую, новую, интегрированную систему клиента. Возникают сети, информационные потоки в которых формируются различными службами, что приводит к созданию мультисервисной сети. Однако для того, чтобы обеспечить должное качество обслуживания, необходимо определить характеристики систем обработки, являющиеся решающими при обслуживании информационных потоков.

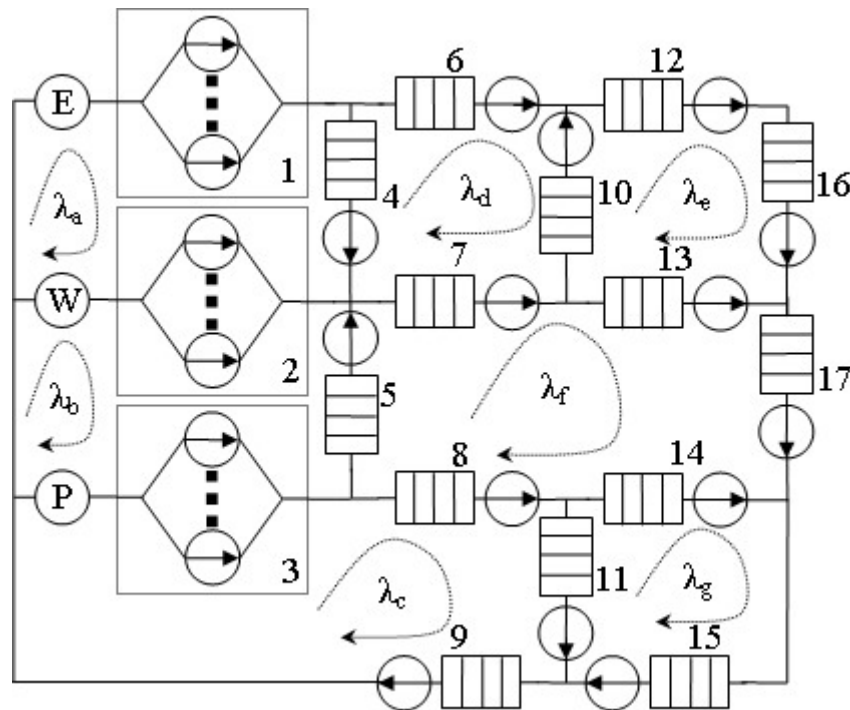
В данной работе в качестве модели мультисервисной сети рассмотрена сеть массового обслуживания, источниками информационных потоков являются наиболее подходящие генераторы вызовов с соответствующими функциями распределения. В соответствии с проведенными наблюдениями [1–5], а также с учетом опыта моделирования 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 так называемый «тяжелый хвост» и наблюдаемое в реальных телекоммуникационных сетях [1, 3, 5].

Кроме того, для определения загрузки систем, составляющих сеть, был применен тензорный метод анализа. В данном случае для определения загрузки систем массового обслуживания, составляющих моделируемую сеть (см. рисунок), использовалось известное выражение для определения коэффициента использования устройств (загрузка), дающее связь между интенсивностью поступления вызовов ( $\lambda$ ) и средним временем обслуживания ( $t_{обсл}$ ):  $\rho = \lambda t_{обсл}$ . Применив 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:

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

Решая полученное уравнение относительно  $\lambda$ , 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

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 составим следующую таблицу соответствия контурных интенсивностей исходной и примитивной сетей, что и дает матрицу перехода  $C$ :

	$\lambda_a$	$\lambda_b$	$\lambda_c$	$\lambda_d$	$\lambda_e$	$\lambda_f$	$\lambda_g$
$\lambda_1$	1						
$\lambda_2$	-1	1					
$\lambda_3$		-1	1				
$\lambda_4$	1			-1			
$\lambda_5$		-1				1	
$\lambda_6$				1			
$\lambda_7$				-1		1	
$\lambda_8$			1			-1	
$\lambda_9$			1				
$\lambda_{10}$				-1	1		
$\lambda_{11}$			1				-1
$\lambda_{12}$					1		
$\lambda_{13}$					-1	1	
$\lambda_{14}$						-1	1
$\lambda_{15}$							1
$\lambda_{16}$					1		
$\lambda_{17}$						1	

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  $\vec{\rho}' = \begin{pmatrix} \rho'_1 \\ \rho'_2 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ \rho'_{17} \end{pmatrix}$ ;  $\vec{t}_{обсл} = \begin{pmatrix} t_1 & 0 & \bullet & \bullet & 0 \\ 0 & t_2 & \bullet & \bullet & 0 \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ 0 & 0 & \bullet & \bullet & t_{17} \end{pmatrix}$ ;

$\vec{\lambda}^T = (\lambda_a \ \lambda_b \ \lambda_c \ \lambda_d \ \lambda_e \ \lambda_f \ \lambda_g)$ , причем элементы матриц  $\vec{\rho}'$  и  $\vec{t}_{обсл}$  имеют численные значения (значения времени обслуживания представлены в табл. 1), составляем матричное уравнение, решение которого дает следующий вектор:  $\vec{\lambda}^T = (0.676 \ 0.945 \ 2.045 \ 0.31 \ 0.938 \ 1.294 \ 1.51)$ . Следовательно, в данной сети в стационарном режиме загрузки систем массового обслуживания распределяются, как представлено в табл. 2.

Таблица 2

$\rho_1$	$\rho_2$	$\rho_3$	$\rho_4$	$\rho_5$	$\rho_6$	$\rho_7$	$\rho_8$	$\rho_9$	$\rho_{10}$	$\rho_{11}$	$\rho_{12}$	$\rho_{13}$	$\rho_{14}$	$\rho_{15}$	$\rho_{16}$	$\rho_{17}$
0.41	0.19	0.83	0.18	0.31	0.26	0.49	0.45	0.82	0.44	0.41	0.56	0.2	0.16	0.75	0.84	0.91

С целью подтверждения полученных результатов было проведено имитационное моделирование исследуемой сети в среде GPSS World, причем даже студенческая

версия позволила провести данный эксперимент, однако при использовании файловых переменных для вывода результатов моделирования потоков до обработки в сети и после было использовано достаточно много машинных ресурсов.

Кроме того, для проведения имитационного моделирования данной сети необходимо также определить вероятность перехода в блоке TRANSFER для некоторых узлов сети, например, для перехода на шестую систему, вероятность определяется, как:

$$p_6 = \frac{\lambda_6}{\lambda_4 + \lambda_6} = 0.459, \text{ для остальных блоков TRANSFER определение } p_8, p_{13}, p_{14} \text{ анало-}$$

гичное. 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  $\alpha=1.6$ . Текст программы содержал 106 блоков без использования потоковых переменных. Результаты имитационного моделирования, представленные в табл. 3, практически совпадают с расчетными значениями табл. 2.

Таблица 3

$\rho_1$	$\rho_2$	$\rho_3$	$\rho_4$	$\rho_5$	$\rho_6$	$\rho_7$	$\rho_8$	$\rho_9$	$\rho_{10}$	$\rho_{11}$	$\rho_{12}$	$\rho_{13}$	$\rho_{14}$	$\rho_{15}$	$\rho_{16}$	$\rho_{17}$
0.41	0.19	0.83	0.18	0.32	0.26	0.49	0.45	0.82	0.44	0.41	0.56	0.2	0.16	0.75	0.85	0.91

В заключение можно отметить, что:

- исследование характеристик мультисервисных сетей необходимо проводить методами как математического, так и имитационного моделирования;
- использование имитационного моделирования позволяет получать достоверные данные о поведении информационных потоков в сети при соответствующих затратах, зависящих как от масштабов сети, так и свойств самих потоков;
- имитационное моделирование мультисервисных сетей требует особого подхода, как к процессу самого моделирования, так и к теоретической подготовке моделей;
- в процессе имитационного моделирования можно получать данные о поведении информационных потоков, что не всегда возможно при исследовании математических моделей сложных систем;
- имитационное моделирование подтверждает возможность использования тензорного подхода к анализу характеристик мультисервисных сетей.

### Литература

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. – P.245–279.
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 // Proceedings of the Joint International Conference on Measurement and Modeling of Computer Systems. – 2004. – P.61–72.
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.