

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Геростёнок Ю. А.

Тарченко Н.В. – к-т. техн. наук, доцент

В настоящее время при проектировании, вводе в эксплуатацию и непосредственной эксплуатации сетей, предназначенных для передачи разнородного трафика, основной проблемой является обеспечение качества обслуживания, что обуславливает необходимость анализа моделей и методов исследования процессов функционирования сетей передачи данных (СПД).

Для оценки параметров качества необходимо выявить зависимость показателей качества от характеристик функционирования сети. Для этого рассматриваются две математические модели узла коммутации (УК) типа  $M_r/M/V/K$  и  $M_r/D/V/K$  с ограниченным буфером и конечными значениями производительности УК, на вход которого поступают простейшие Пуассоновские потоки, описываемые вероятностью поступления  $P_i(t)$ :

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}.$$

Для модели УК типа  $M_r/M/V/K$  определено стационарное распределение вероятностей состояний УК:

$$P_i(r, V) = \begin{cases} \frac{\rho_r}{i!} P_0(R, V), 0 \leq i < V; \\ Q \left( \frac{\rho_r}{V} \right)^{i-V} \left( 1 - \frac{\rho_r}{V} \right) \left[ 1 - \left( \frac{\rho_r}{V} \right)^{K+1} \right]^{-1}, \rho_r \neq V, V \leq i \leq (V+K); \\ \frac{Q}{K+1}, \rho_r = V, V \leq i \leq (V+K) \end{cases}$$

где  $P_0(R, V)$  – вероятность того, что в УК на обслуживании нет пакетов приоритетов  $\overline{1, R}$ ;

$Q$  – вероятность того, что все каналы УК заняты обслуживанием суммарного потока пакетов приоритетов  $\overline{1, R}$ ;

$\rho_r$  – суммарная входящая нагрузка пакетов с приоритетами  $\overline{1, r}$

На основе стационарного распределения производится расчет основных показателей функционирования сетей передачи данных для беспriorитетных систем и систем с приоритетами: вероятность потери пакетов, средняя длина очереди УК и задержка доставки пакетов в зависимости от объема буфера, производительности УК, входящей нагрузки и количества обслуживающих приборов на сети.

Также проведен анализ модели УК типа  $M_r/D/V/K$  с простейшими входящими потоками, коммутацией пакетов фиксированной длины, ограниченным буфером и управлением качеством обслуживания разнородного трафика на основе относительных приоритетов.

Вероятность потери пакетов различных приоритетов для  $M_r/D/V/K$  определяется выражением:

$$P_{V+K}(r) = P_{i>V-1}(R, V) \cdot \frac{1 - \frac{\rho_r}{V}}{1 - \left( \frac{\rho_r}{V} \right)^{2K+1}} \cdot \left( \frac{\rho_r}{V} \right)^{2K},$$

где  $P_{i>V-1}(R, V)$  характеризует вероятность того, что обслуживающий прибор занят обслуживанием пакетов суммарного потока всех приоритетов  $\rho_r$ .

Модель УК типа  $M_r/D/V/K$  применима для реальной системы, и может использоваться для исследования функционирования УК при времени поступления заявок, описываемых экспоненциальными функциями, детерминированном времени их обслуживания и при ограниченности сетевых ресурсов.

Расчеты показывают, что:

- вероятность потери пакетов увеличивается с ростом нагрузки в системе;
- увеличение объема буфера приводит к увеличению задержки передачи пакетов и уменьшению вероятности потери пакетов для модели  $M_r/M/V/K$ . Для модели  $M_r/D/V/K$  увеличение размера буфера эффективно для нормального режима работы и не эффективно при режиме перегрузки.

- вероятность потери пакетов для модели  $M_r/M/V/K$  значительно больше чем для  $M_r/D/V/K$ . Однако в режиме перегрузки, эта разница становится минимальной

– при увеличении интенсивности обслуживания среднее время пребывания пакетов в УК уменьшается, за счет уменьшения среднего времени обслуживания.

Для отражения поведения работы УК, т.е. отражения изменения состояния УК во времени при заданных потоках заявок, поступающих на его входы, проведено имитационное моделирование (ИМ), которое в общем случае является действенным средством проверки результатов аналитического моделирования.

Для реализации имитационного моделирования был проведен анализ программных средств, имеющих широкое практическое применение: Arena, AnyLogic, GPSS World. Также был проведен анализ программных систем ориентированных на моделирование сетей: Modeler OPNET, NetMaker XA, BONES. Выявлено, что максимально полно для проведения ИМ подходит система GPSS World, которая ориентирована на описание широкого класса систем массового обслуживания в различных предметных областях. GPSS World обладает удобным пользовательским интерфейсом, встроенными средствами визуализации и интерактивного управления процессом моделирования, обширной библиотекой встроенных процедур, включающей, в том числе, генераторы случайных величин для множества вероятностных распределений. Все это делает процесс ИМ эффективным и наглядным.

Имитационное моделирование в среде GPSS World позволяет исследовать модели при различных типах входных потоков и интенсивностях поступления заявок на входы, при вариациях параметров УК, при различных дисциплинах обслуживания заявок.

Результаты диссертационной работы, полученные в ходе математического и имитационного моделирования, позволяют:

- сделать вывод, что модели УК типа  $M_r / M / V / K$  и  $M_r / D / V / K$  позволяют оценить соответственно пессимистичные и оптимистичные значения показателей функционирования СПД;

- определить предельные нагрузки, при которых обеспечиваются установленные нормы, а также, зная предполагаемую нагрузку на УК выбрать, какое коммутационное оборудование необходимо будет использовать.

Выявленные зависимости параметров качества функционирования сети от характеристик сети и коммутационного оборудования позволят принимать обоснованные решения на этапе проектирования и повысить эффективность функционирования узлов коммутации сетей связи при передаче разнородного трафика с различными требованиями к качеству обслуживания.

Список использованных источников:

6. Алиев, Т. И. Основы моделирования дискретных систем / Т. И. Алиев. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
7. Назаров, А.Н. Модели и методы исследования процессов функционирования и оптимизации построения сетей связи следующего поколения / А.Н. Назаров, К.И. Сычев // Электросвязь. – 2011. – №3. – С. 43–49.
8. Назаров, А.Н. Модели и методы расчета показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения / А.Н. Назаров, К.И. Сычев. – Красноярск: Поликом, 2010. – 389 с.