

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №1, Том 10 / 2018, No 1, Vol 10 <https://esj.today/issue-1-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/42ITVN118.pdf>

Статья поступила в редакцию 14.02.2018; опубликована 09.04.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Богачев Д.Г. Имитационная модель среды информационного обмена, включающая математическую модель резервирования ресурсов пакетной сети передачи данных с множественным доступом // Вестник Евразийской науки, 2018 №1, <https://esj.today/PDF/42ITVN118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Bogachev D.G. (2018). Simulation model of the information exchange environment, including a mathematical model for reservation of resources of a packet data network with multiple access. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 1(10). Available at: <https://esj.today/PDF/42ITVN118.pdf> (in Russian)

УДК 004.738

ГРНТИ 49.37.01

Богачев Денис Геннадьевич

Академия ФСО России, Орёл, Россия

Сотрудник

E-mail: bogachev84@gmail.com

Имитационная модель среды информационного обмена, включающая математическую модель резервирования ресурсов пакетной сети передачи данных с множественным доступом

Аннотация. Одним из условий развития пакетных сетей передачи данных является обеспечение необходимого уровня качества обслуживания информационного трафика. Поэтому на сегодняшний день значительный интерес представляет собой разработка механизмов и протоколов, выполняющих приоритетное обслуживание информационных пакетов и гарантирующих необходимую полосу пропускания на всем пути передачи информационных пакетов через пакетную сеть. Одним из таких механизмов является протокол резервирования ресурсов, который позволяет выполнять динамическое резервирование полосы пропускания, используя механизмы приоритетной обработки трафика.

В статье представлена математическая модель резервирования ресурсов с использованием систем поллинга, которая позволяет повысить эффективность работы протокола резервирования ресурсов. Рассмотрена задача оптимизации порядка опроса очередей для системы со схемой резервирования с множественным доступом. Автором представлена разработанная имитационная модель, которая включает разработанные ранее математическую модель процессов информационного обмена в сетях передачи данных и методику резервирования ресурсов. В качестве управляющей части системы моделирования использована среда имитационного моделирования GPSS. В заключении автором представлены параметры и результаты имитационного моделирования, которые позволяют говорить об эффективности внесенных усовершенствований по основным показателям целевой эффективности.

Ключевые слова: математическая модель; резервирование ресурсов; множественный доступ; система поллинга; имитационная модель; язык имитационного моделирования GPSS; система массового обслуживания

Одним из условий развития пакетных сетей передачи данных является обеспечение необходимого уровня качества обслуживания информационного трафика. Выделяют две модели реализации функции обеспечения гарантированного качества обслуживания: интегрированные услуги и дифференцированные услуги. Интегрированные услуги созданы в рамках модели качества обслуживания, в которой конечный узел сообщает другим устройствам сети о необходимых ему параметрах качества обслуживания для резервирования полосы пропускания и ресурсов устройств. Механизм дифференцированных услуг работает в рамках модели качества обслуживания, в которой элементы самой сети задают правила обслуживания классов потоков данных с различными требованиями к качеству обслуживания.

Модель интегрированных услуг обеспечивает сквозное качество обслуживания, гарантируя необходимую пропускную способность. Интегрированные услуги используют для своих целей протокол сигнализации RSVP (англ. Resource Reservation Protocol – протокол резервирования ресурсов), в его отношении часто используется термин резервирование ресурсов.

Дифференцированные услуги обеспечивают качество на основе распределения ресурсов в ядре сети, применение определенных классификаторов и ограничений на границе сети, комбинируемых с целью предоставления требуемых услуг. В этой модели вводится разделение трафика по классам, для каждого из которых определяется свой уровень качества обслуживания. Дифференцированные услуги состоят из управления формированием трафика (классификация пакетов, маркировка, управление интенсивностью) и управления политикой (распределение ресурсов, политика отбрасывания пакетов). Дифференцированные услуги является наиболее подходящим примером «умного» управления приоритетом трафика.

Протокол резервирования ресурсов, позволяет выполнять динамическое резервирование полосы пропускания, используя механизмы приоритетной обработки трафика. В результате работы протокола обеспечивается строго определенная полоса пропускания, минимальная величина задержки передачи пакетов и ее вариация. Однако протокол имеет ряд недостатков при большом количестве узлов маршрутизации: увеличенное время установления соединения, неэффективным использованием полосы пропускания и другие. Для решения этих проблем предложена схема резервирования с множественным доступом для управления доступом в пакетных сетях передачи данных. При такой схеме обслуживания заявок маршрутизатор периодически посылает примитив, который передается от очереди к очереди. При прохождении примитива через очередь она получает право начать передачу данных, и на маршрутизатор начинают передаваться заявки для обслуживания. Далее примитив передается к следующей очереди. Таким образом, на маршрутизатор поступает группа заявок, собранных одним примитивом, для обслуживания [1].

Маршрутизатор посылает примитив через случайные интервалы времени F_i , распределенные случайные величины с функцией распределения $F(t)$, первым моментом f , вторым моментом $f^{(2)}$ и ПЛС $\tilde{F}(\omega)$. Время на передачу сообщения от очереди Q_i к очереди Q_{i+1} постоянно и равно $s_i, i = \overline{1, N-1}, s_0(s_N)$ – время передачи примитива от маршрутизатора к очереди Q_i (от очереди Q_N к маршрутизатору). Заметим, что при резервировании с множественным доступом маршрутизатор не переключается и не опрашивает очереди, эту роль на себя берут примитивы. Маршрутизатор в данном случае «пассивен», он занят лишь обслуживанием и рассылкой примитивов. Общее время обхода примитива всех очередей есть константа $s = \sum_{k=0}^N s_k$.

Группы заявок, поступившие на маршрутизатор при прохождении одного примитива, образуют очередь в порядке их поступления [1, 2].

Время ожидания W_k в системе при поступлении произвольной заявки K , которая поступает в очередь Q_k , $k = \overline{1, N}$ состоит из пять слагаемых: $W_k = T_k + R_k + D_k + B_k + E_k$, где T_k – время от момента поступления заявки K до момента следующего поступления примитива в очередь Q_k ; R_k – время, необходимое этому примитиву, чтобы вернуться на маршрутизатор; D_k – время ожидания для группы, содержащей заявку K , до этого, как начнется обслуживание этой группы; B_k – время, необходимое для обслуживания заявок очередей Q_1, \dots, Q_{k-1} , находящихся в одной группе с заявкой K ; E_k – время, необходимое для обслуживания заявок из Q_k , находящихся в одной группе с заявкой K , но поступивших раньше ее [1].

Рассмотрим задачу оптимизации порядка опроса очередей для системы схемой резервирования с множественным доступом. Предположим, для каждой очереди Q_k поставлен в соответствие параметр ν_k – штраф за единицу времени, которое проводит заявка в очереди.

Средний штраф за ожидание заявки в Q_k равен $\nu_k M[W_k]$, $k = \overline{1, N}$. Тогда задача оптимизации порядка опроса очередей сводится к минимизации суммы
$$\sum_{k=1}^N \lambda_k \nu_k M[W_k]$$
.

Заметим, что если очередь имеет меньший номер, то заявки в ней обслуживаются раньше заявок из очередей с большими номерами; но их обслуживание задерживается на время, которое затрачивает примитив на посещение очередей Q_{k+1}, \dots, Q_N .

Предположим, что времена на передачу сообщения между очередями постоянны и примитивы посылаются через разные промежутки времени f . Тогда задача минимизации

суммы $\sum_{k=1}^N \lambda_k \nu_k M[W_k]$, сводится к задаче
$$\sum_{k=1}^N \lambda_k \nu_k \sum_{j=1}^{k-1} [f \rho_j - s_j] \rightarrow \min$$
, где ρ_j – время обслуживания

очереди маршрутизатором, а s_j – время необходимое маршрутизатору для переключения между очередями. Эта сумма принимает минимальное значение, если очереди системы

занумерованы в порядке возрастания величин:
$$u_j = \frac{f \rho_j - s_j}{\lambda_j \nu_j}, j = \overline{1, N}$$
.

Данная математическая модель со схемой резервирования ресурсов с множественным доступом позволяет повысить эффективность работы протокола резервирования ресурсов [1, 2, 4].

Математическая модель была реализована в разработанную машинную модель. После проведения эксперимента получены результаты расчетов. Они позволяют провести анализ и сформулировать выводы о характеристиках процесса информационного обмена в моделируемой системе. При реализации моделирующих алгоритмов выбирались информация о состояниях процесса функционирования исследуемой системы, которая является исходными данными для оценки исследуемых характеристик, полученных в результате имитационного эксперимента с моделью.

Перед проведением расчетов составлен план проведения эксперимента. При проведении экспериментов получен максимальный объем необходимой информации об объекте моделирования.

Разработанная имитационная модель включает разработанную математическую модель процессов информационного обмена в сетях передачи данных и методику резервирования ресурсов [1, 4].

Информационная часть состоит из реляционной базы данных, содержащей сведения о параметрах сети, а также полученные в результате экспериментов данные моделирования (см. рис. 1) [3]. Схема сети представляет собой участок сети, на котором моделируются процессы информационного обмена.

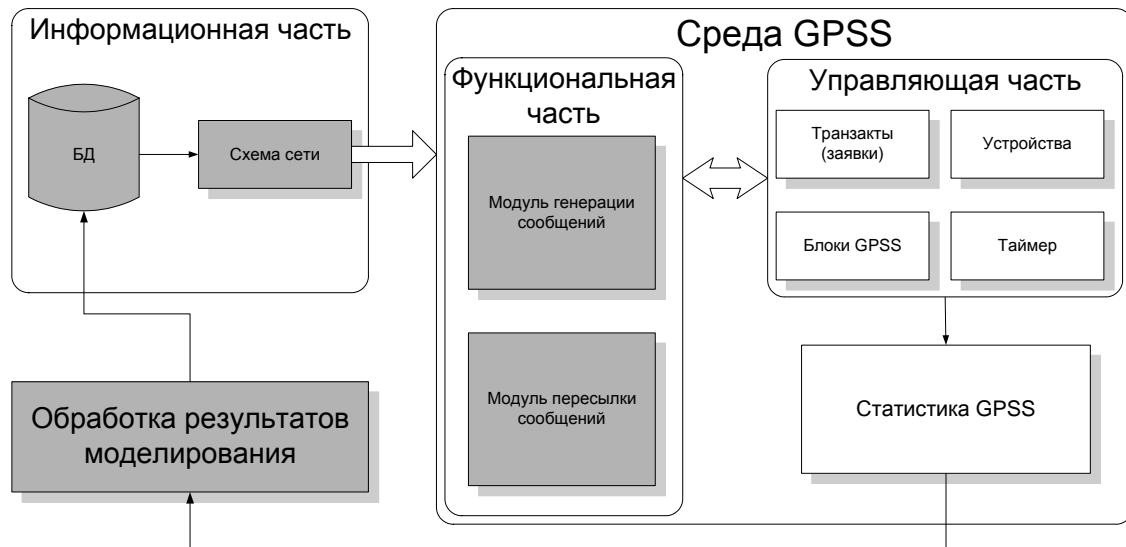


Рисунок 1. Структурная схема имитационной модели

Функциональная часть представляет собой модель процессов информационного обмена и состоит из функциональных модулей: модуль генерации сообщений и модуль пересылки сообщений.

Управляющая часть состоит из динамических элементов (транзактов), операционных элементов (блоки GPSS) и операционных элементов (устройства) и является внутренней структурой языка GPSS. Чтобы обеспечить правильную последовательность обработки событий во времени, имеет таймер, который содержит значение абсолютного модельного времени. Каждому объекту в процессе моделирования соответствуют атрибуты, описывающие его состояние в данный момент. В процессе работы модели накапливается статистика языка, автоматически выводимая по завершении процесса моделирования в виде файлов отчета, а также в виде графиков.

Выполнены следующие этапы имитационного моделирования (см. рис. 2) [3].

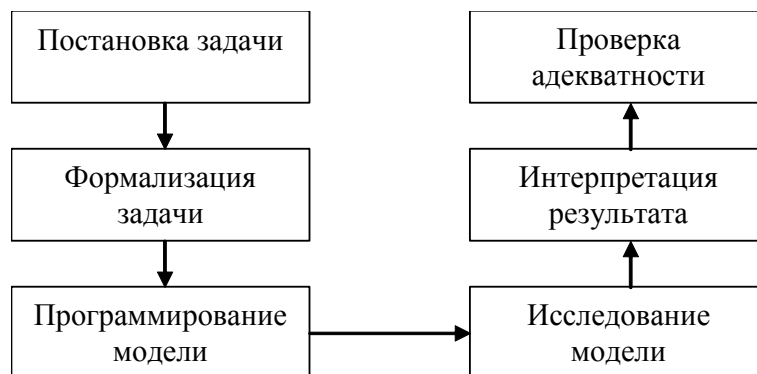


Рисунок 2. Схема этапов моделирования

Рассматриваемая задача моделирования представляет собой систему массового обслуживания с множественным доступом [5].

В качестве критерия оценки эффективности функционирования рассматриваемой системы выбраны: время установления соединения, коэффициент использования полосы пропускной способности [2].

Целью моделирования является исследование характеристик функционирования объекта без применения методики резервирования ресурсов с множественным доступом и с использованием ее (см. рис. 3).

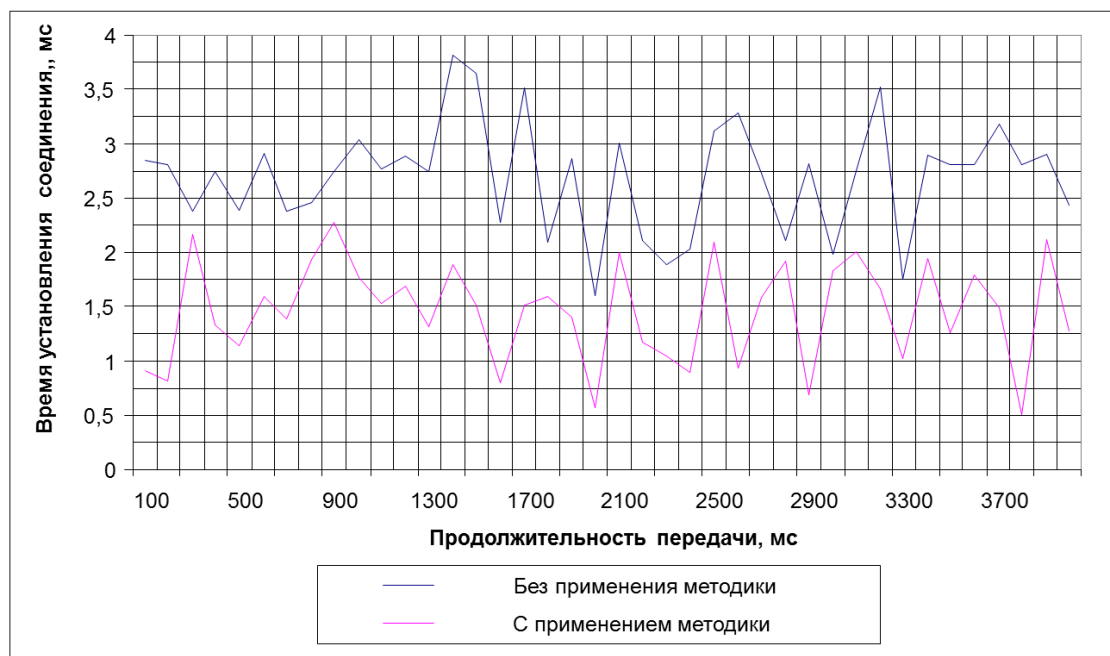


Рисунок 3. Результаты моделирования по времени установления соединения (разработано автором)

Также был проведен эксперимент, где в качестве критерия оценки функционирования рассматриваемой системы был выбран коэффициент использования пропускной способности.

Процесс передачи сообщений в сеть моделируется имитационными средствами со случайными показателями задержек передаваемых пакетов и состояний их возможной потери. Для описания передачи каждого отдельного сообщения задаются такие параметры, как вероятность доставки сообщения адресату и среднее значение времени доставки.

Моделирование проводилось при двух значениях пропускной способности каналов: 512 Кб/с и 2048 Кб/с. Параметры моделирования указаны в таблице 1, а результаты моделирования в таблице 2.

Таблица 1

Параметры моделирования

Параметр		
Пропускная способность	512 Кб/с	2048 Кб/с
Пропускная способность	100 Мб/с	
Время моделирования	86400 с	
Макс. размер очереди маршрутизатора	64 Кбайт	

Составлено автором

Таблица 2

Результаты моделирования

	Пропускная способность			
	Без применения методики		С применением методики	
	512 Кб/с	2048 Кб/с	512 Кб/с	2048 Кб/с
Коэффициент использования полосы пропускной способности	94.27 %	96.52 %	97.21 %	98.08 %

Составлено автором

Произведена оценка адекватности модели по критерию χ^2 (Пирсона). Согласно этому критерию гипотеза об адекватности модели принимается, если: $\chi^2_{1-\alpha/2}(m-l-1) < \gamma^{(n)} < \chi^2_{\alpha/2}(m-l-1)$, где m – число интервалов группирования, l – количество параметров, $(m-l-1)$ – степень свободы распределения хи-квадрат. Величина критической

статистики определяется как:

$$\gamma^{(n)} = \sum_{i=1}^m \frac{(v_i - np_i)^2}{np_i}$$

Согласно условиям эксперимента, выборка независима, однородна и репрезентативна.

При проверке нормальности гипотетичный закон имеет вид

$$F(z; a, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{(u-a)^2}{2\sigma^2}} du$$

, где в качестве оценок параметров a и σ^2 будут фигурировать величины $a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m z_i$, $\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m (z_i - a)^2$ [6].

По результатам эксперимента среднее значение и дисперсия равны соответственно $1,5 \times 10^{-5}$ и $6,7 \times 10^{-5}$. Тест показал, что гипотеза о нормальности выборки верна с вероятностью 0,95.

Как видно из результатов эксперимента, применение методики резервирования ресурсов с множественным доступом в пакетной сети передачи данных позволяет говорить об эффективности ее применения. Использование методики позволило уменьшить время установления соединения и наиболее эффективно использовать заданную полосу пропускания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богачев Д.Г. Математическая модель резервирования ресурсов с множественным доступом // Высокие технологии, исследования, образование, экономика. Том 2, 2012, С. 16-18.
2. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. СПб. – БХВ-Петербург, 2004. – С. 368.
3. Вишнеvский В.М., Семенова О.В. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях. Техносфера. – М., 2007. – С. 312.
4. Еременко В.Т., Богачев Д.Г. Методика резервирования ресурсов пакетной сети передачи данных // Известия ОрелГТУ, 2010, С. 40-45.
5. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание (теория и приложения). М.: Мир, 1965.
6. Ллойд Э., Ледерман У. Справочник по прикладной статистике. Том 1. М.: Финансы и статистика, 1989. – С. 510.
7. Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2001 – С. 512.
8. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 2001 – С. 343.
9. Федотов А.Е. RSVP – гарантия качества обслуживания в сетях TCP/IP // Сети и системы связи, 1996, № 7 – С. 43-46.
10. Davidson J., Peters J. Voice Over IP Fundamentals. Cisco Press, 2000.
11. Huston Geoff. QoS Strategies for Multiservice Networks. Wiley Computer, 2000.

Bogachev Denis Gennadevich

Russian Federation security guard service federal academy, Orel, Russia
E-mail: bogachev84@gmail.com

Simulation model of the information exchange environment, including a mathematical model for reservation of resources of a packet data network with multiple access

Abstract. One of the conditions for the development of packet data networks is to ensure the necessary level of quality of information traffic. Therefore, to date, considerable interest is in the development of mechanisms and protocols that perform priority maintenance of information packets and guarantee the necessary bandwidth for the entire transmission of information packets via a packet network. One such mechanism is the resource reservation protocol, which allows dynamic bandwidth reservation using priority traffic processing mechanisms.

The article presents a mathematical model of reserving resources using polling systems, which makes it possible to increase the efficiency of the resource reservation protocol. The problem of optimizing the queuing order for a system with a multiple-access redundancy scheme is considered. The author presents the developed simulation model, which includes a previously developed mathematical model of information exchange processes in data transmission networks and a methodology for reserving resources. As the control part of the simulation system, the simulation environment of GPSS was used. In conclusion, the author presents the parameters and results of simulation modeling, which allow us to speak about the effectiveness of the improvements made on the main indicators of the target efficiency.

Keywords: mathematical model; resource reservation; multiple access; polling system; imitation model; simulation language GPSS; queuing system