

УДК 519.248

*В.С. Заборовский, А.С. Ильяшенко, В.А. Мулюха*

**АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОТОКОВ  
ПАКЕТНЫХ ДАННЫХ В СЕТЕВОЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ПРИОРИТЕТНОГО ВЕРОЯТНОСТНОГО ВЫТАЛКИВАЮЩЕГО  
МЕХАНИЗМА**

*V.S. Zaborovsky, A.S. Ilyashenko, V.A. Muliukha*

**CHARACTERISTICS OF THE PACKET DATA FLOWS CONTROL  
ALGORITHM IN A NETWORK ENVIRONMENT BASED ON PRIORITY  
PROBABILISTIC PUSH-OUT MECHANISM**

Изучены методы управления характеристиками сетевого трафика с использованием приоритетного вероятностного механизма обработки пакетных данных. На примере двухпоточковой системы массового обслуживания (СМО) с ограниченным объемом буферной памяти и алгоритмом обработки пакетов, параметром которого является вероятность вытеснения неприоритетного требования и его замещение приоритетным, исследованы статистические характеристики системы с приоритетным обслуживанием заявок, совокупность которых управляет режимом функционирования моделей телематических устройств. Предложен способ обобщения решения, полученного для двухпоточковых СМО, на многопоточковые режимы функционирования, которые характерны для современных сред облачных вычислений и киберфизических систем класса «internet of things». Рассмотренные алгоритмы применяются на третьем уровне иерархической модели управления сетевыми объектами, описанной в статье «Сетецентрический подход к созданию системы удаленного управления робототехническими объектами с борта орбитальной станции», опубликованной в данном номере журнала. В этой модели информационное взаимодействие с объектами управления осуществляется с помощью динамически формируемых виртуальных соединений.

**СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ; ПРИОРИТЕТНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ; УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ; ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ВЫТАЛКИВАЮЩИЙ МЕХАНИЗМ; ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ; GPSS.**

This article focused on control methods for characteristics of packet network traffic based on prioritization and probabilistic push-out mechanism. On the example of two-flow queuing system (QS) with a limited amount of buffer memory and packets processing algorithm with a replacement probability of non-priority packet by priority packets parameter studied statistical characteristics of a QS with prioritized packets processing. Proposed a way to summarize obtained results for multi-flow QS of the same type, which are used in modern cloud computing environments and cyber-physical systems of class like «internet of things». Considered algorithms are applied on the third level of hierarchical model of robotic remote control system, described in article «Network-centric approach to creating a remote control system for a robotic object from a board of an orbital station» in this issue of this journal. In this model for communicating with robot are used dynamically generated virtual connections.

**QUEUEING SYSTEMS; PRIORITIZED DATA PROCCESING; REMOTE ROBOTIC CONTROL; PROBABILISTIC PUSH-OUT MECHANISM; SIMULATION MODEL; GPSS.**

Сетецентрические подходы к организации информационного взаимодействия становятся доминирующими методами организации сложных технических систем, чьи функциональные возможности реализуются за счет использования принципов самоорганизации и адаптации к изменяющимся условиям функционирования, модельное описание которых носит стохастический характер. Для обеспечения робастности таких систем большое значение имеют алгоритмы управления различными потоками данных, которые используются для передачи информации как о состоянии среды функционирования и организации обратных связей между исполнительными механизмами и устройствами задающих воздействий, так и для контроля качества выполнения последовательностей операций, реализующих выбранную стратегию управления.

Важным направлением практического использования сетецентрических систем являются космические проекты, связанные с использованием группировок напланетных роботов для проведения геологических исследований поверхности планет или выполнения сервисных операций при обслуживании автономных или пилотируемых орбитальных станций. В таких системах объекты управления функционируют в экстремальных средах, что приводит к необходимости решения задач класса фильтрации потоков данных при условиях многофакторных ограничений, в т. ч. стохастических, накладываемых на характеристики используемой среды передачи информации.

Поэтому разработка и исследование моделей управления потоками данных, позволяющих оперативно оценить характеристики пропускной способности и величины задержек пакетов в различных условиях функционирования с учетом приоритетов в решении заданного множества сервисных задач, является актуальной научно-технической задачей.

Исследование подобных моделей может быть полезно не только в космической робототехнике, но и при создании систем защиты информации в среде облачных вычислений, в условиях, когда правила контроля доступа к информационным ре-

сурсам должны генерироваться в режиме реального времени в результате изменения конфигурации виртуальных машин или их миграции в соответствии с выбранными критериями или классами сервисов [8].

Примером такой задачи является приоритетное управление процессами передачи данных на прикладном уровне межсетевого взаимодействия в соответствии с выбранной политикой информационной безопасности, которая реализуется с помощью межсетевых экранов, функционирующих в режиме скрытной фильтрации.

В общем случае областью применения разработанных моделей могут стать любые системы, в которых критерии функционирования формируются путем задания приоритетов обработки потоков данных, приходящих от нескольких источников и имеющих различную «степень важности» для решения многоцелевых задач управления.

Однако для проведения полноценного исследования разработанных моделей требуется использовать математические методы, позволяющие описать систему с заданным уровнем точности и формализовать происходящие процессы так, учитывая специфику прикладного использования создаваемой системы. Для этих целей в работе предлагается использовать аппарат теории массового обслуживания и модели процессов, отражающие особенности современных технологий информационного взаимодействия, основывающиеся на принципах коммутации пакетов и статистического мультиплексирования данных. Исследование подобных моделей осложняется трудностью их полноценного аналитического описания.

Именно в виду сложности применяемого математического аппарата в теории СМО хорошо исследованы однопотоковые модели с различными ограничениями, накладываемыми на процесс функционирования системы, например, такими, как объем буферной памяти, различные законы распределения времени обслуживания, различные законы распределения временных интервалов между поступлениями требований, многоканальная обработка информа-

ции, количество источников информации.

Формально существует огромное количество вариантов по усложнению простейших однопоточковых моделей СМО. Это можно сделать, например, за счет задания различных законов распределения входящих потоков или времени обслуживания, а также введения различных выталкивающих механизмов или приоритизации процессов обслуживания. Именно последние два способа анализируются ниже. В статье подробно исследуется модель двухпоточковой системы с ограниченным объемом буферной памяти, вероятностным выталкивающим механизмом, зависящим от вероятности вытеснения из очереди неприоритетного требования приоритетным, а также рассматривается возможность перенесения полученных результатов на многопоточковые режимы функционирования СМО.

#### Описание рассматриваемой модели

Приоритетные СМО занимают особое место в теории массового обслуживания. Такие модели позволяют строить системы, в которых требуется передавать (обслуживать) данные различной важности. Но рассмотрение СМО только с приоритетами имеет смысл при потоках данных слабой интенсивности, поскольку при больших нагрузках эффект приоритизации будет незаметен из-за постоянной заполненности системы. В реальной жизни это не всегда так, например, в компьютерных сетях. Для решения данной проблемы в модель добавляют выталкивающий механизм, позволяющий ввести способ выталкивания неприоритетных требований из системы с целью освобождения места для требования с более высоким приоритетом.

Для удобства описания рассматриваемой системы массового обслуживания, рассмотрим общее обозначение для этого класса систем. Используя стандартную нотацию Кендалла [1] и ее модификацию Г.П. Башариным [2], поясним обозначение систем массового обслуживания из класса  $\overline{M}_2 / \underline{M} / 1 / k / f_i^j$ . Первый векторный символ  $\overline{M}_2$  означает, что обслуживаются два простейших потока требований. Второй символ  $\underline{M}$  обозначает обслуживание

по показательному закону. И так как здесь стоит скалярный, а не векторный символ, то оба потока обслуживаются с одинаковой интенсивностью. Стоящая на третьем месте цифра 1, указывает количество каналов обслуживания, а  $k$  – емкость системы. Предполагается, что накопитель общий для обоих типов требований. Символ  $f$  описывает тип приоритета в системе и способ выталкивания заявок из системы. Нижний индекс  $i$  задает тип приоритета ( $i = 0$  – без приоритета,  $i = 1$  – с относительным приоритетом,  $i = 2$  – абсолютный приоритет). Верхний индекс  $j$  определяет тип выталкивающего механизма, который действует в полностью заполненном накопителе при поступлении нового приоритетного требования. При  $j = 0$  выталкивающий механизм не действует (т. е. требование безусловно теряется),  $j = 2$  – детерминированный механизм, согласно которому всегда вытесняется требованием с меньшим приоритетом. Если обратить внимание на индекс  $j$ , то можно заметить, что значение, равное единице, для него не было использовано. Это заметил Н.О. Вильчевский, предложивший использовать данное обозначение для вероятностного выталкивающего механизма. Последний был впервые исследован в [3] и является неким промежуточным между двумя другими видами выталкивающего механизма.

Рассмотрим двухпоточковую СМО, схема которой изображена на рис. 1. В соответствии с модифицированной системой обозначений многопоточковых СМО, подробно описанной ранее, данная система работает следующим образом. На вход поступают два независимых простейших потока требований интенсивностью  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Длительность обслуживания любого требования распределена по показательному закону с параметром  $\mu$ , одинаковым для всех требований, причем все эти длительности независимы в совокупности. На рисунке  $a_i(\tau)$  и  $b_i(x)$  обозначают, соответственно, законы распределения интервала между требованиями и времени обслуживания для  $i$ -го потока.

Система снабжена вероятностным выталкивающим механизмом, который дает преимущество при постановке в очередь

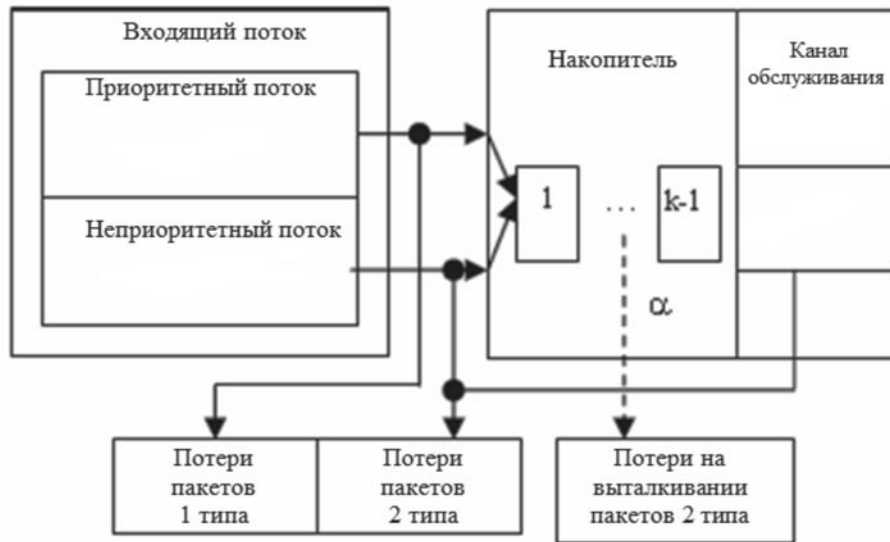


Рис. 1. Схема системы массового обслуживания класса  $\overline{M}_2 / M / 1 / k / f_2^1$

требованиям первого типа. Если все места ожидания заняты, причем в накопителе имеются требования второго типа, то вновь подошедшее требование первого типа имеет право с заданной вероятностью  $\alpha$  вытеснить из накопителя какое-либо требование другого типа. Вытесненные требования теряются и присоединяются к потоку потерь.

Накопитель имеет  $k-1$  место ожидания, так что общая емкость системы, включая один канал обслуживания, составляет  $k$ . Накопитель является общим, свободные места ожидания полностью доступны для любого вновь поступающего требования. Динамически формируются две очереди, их общая длина не превосходит  $k-1$ .

В рамках данной работы требуется дополнить результаты, полученные ранее при помощи метода производящих функций для финальных вероятностей состояний системы, описывающих поведение системы при наступлении в системе установившегося режима. Недостатком этого решения является то, что финальные вероятности не дают никакой информации о поведении системы на начальном этапе ее работы. В качестве продолжения решения задачи было принято решение об использовании метода имитационного моделирования и среды имитационного моделирования GPSS, предназначенной для моделирования тако-

го рода систем.

Для завершения исследования системы требуется получить оценку характеристик системы на этапе начала ее функционирования, что является необходимой информацией для организации стабильности передачи данных, в частности, проведения экспериментов по удаленному управлению.

В данной статье приведены результаты предыдущего этапа для проведения качественного сравнения теоретических результатов с результатами имитационного моделирования. В качестве основных параметров для сравнения выбраны вероятности потери приоритетных и неприоритетных требований при различных уровнях загрузки системы. Данные вероятности при помощи имитационной модели вычисляются как отношение количества потерянных транзактов к количеству созданных транзактов определенного типа на входе системы.

### Имитационная модель в среде GPSS World

Для получения экспериментальных результатов разработана имитационная модель рассматриваемой системы в среде моделирования GPSS World. Данная модель позволяет провести процесс моделирования работы рассматриваемой системы массового обслуживания и получить интересные

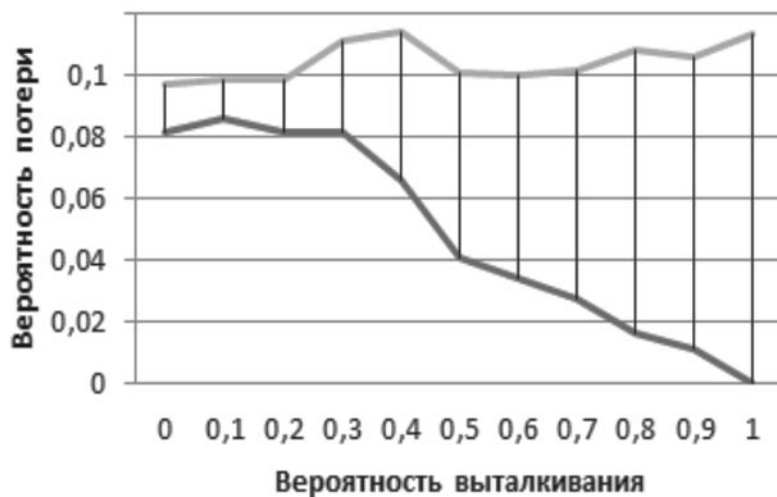


Рис. 2. Вероятность потери требований при слабой загрузке системы приоритетными требованиями ( $\rho_1 = 0,2$ ;  $\rho_2 = 0,9$ )  
 (—) пакеты с приоритетом; (---) пакеты без приоритета

характеристики вероятностей потерь.

В среде моделирования GPSS World результаты представляются в виде отчетов, в которых отражается статистика движения транзактов по имитационной модели, и представляются основные характеристики элементов системы, например, таких, как очереди и обслуживающие устройства. Эти отчеты громоздки, поэтому в данной статье будут приведены только численные резуль-

таты моделирования для исследуемых характеристик.

На рис. 2 и 3 приведены результаты одного из процессов моделирования системы со слабой нагрузкой ( $\rho_1 = 0,2$ ,  $\rho_2 = 0,9$ ). В этом случае система получает на вход малое количество приоритетных требований, а поток неприоритетных требований практически близок к пропускной способности системы. В табл. 1 приведены численные

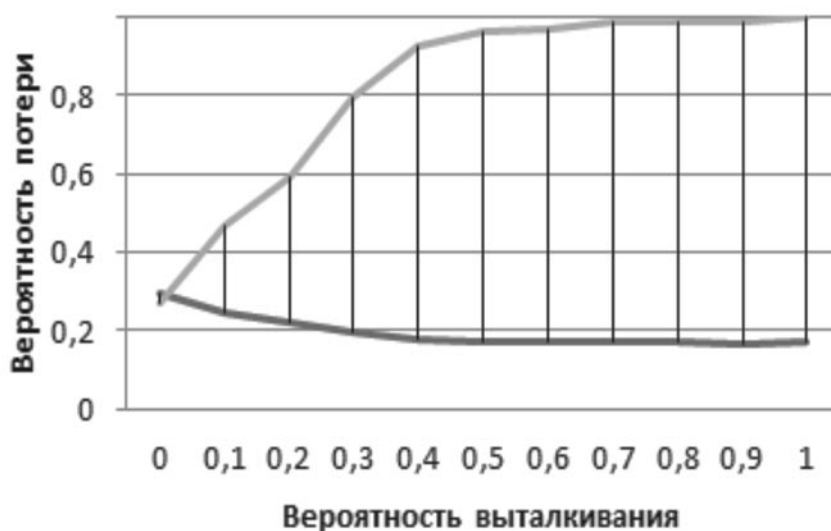


Рис. 3. Вероятность потери требований при сильной загрузке системы приоритетными требованиями ( $\rho_1 = 1,2$ ;  $\rho_2 = 0,2$ )  
 (—) пакеты с приоритетом; (---) пакеты без приоритета

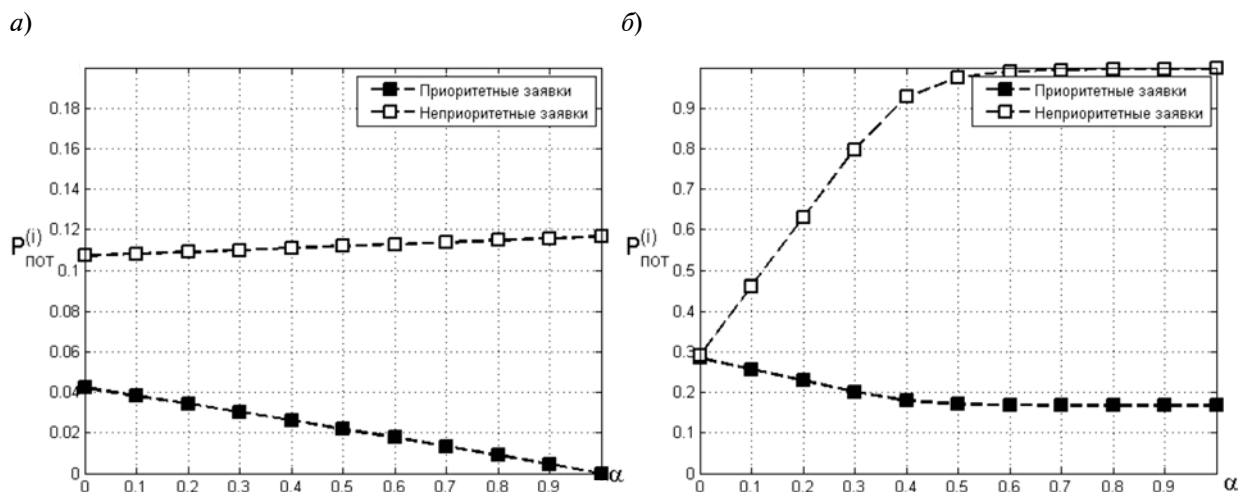


Рис. 4. Вероятность потери требований:

*a* – для слабой загрузки ( $\rho_1 = 0,2; \rho_2 = 0,9$ );

*б* – для сильной загрузки приоритетными требованиями ( $\rho_1 = 1,2; \rho_2 = 0,2$ )

результаты моделирования, при помощи которых построены зависимости на рис. 2 и 3. На рис. 4 приведены зависимости, полученные аналитически в ранних работах [4, 6–7]. Из графиков видно, что на начальном этапе работы система ведет себя так же, как и в установившемся режиме, что подтверждается схожестью графиков на рис. 2 и 3 с данными на рис. 4.

В табл. 1 и 2 приведены результаты моделирования процесса функционирования системы, при помощи которых построены

зависимости на рис. 2 и 3. Таблицы содержат данные о количестве созданных транзактов различных типов на входе модели и количестве потерь, которые произошли в процессе функционирования системы.

#### Области возможного применения модели

Основным современным приложением результатов работы является телематика. Исследование процесса функционирования телематических устройств – важная задача. От тщательности исследования за-

Таблица 1

#### Результаты моделирования для слабой загрузки системы

Вероятность выталкивания	Слабая загрузка системы					
	Пакетов 1 типа	Потери	Вероятность потери	Пакетов 2 типа	Потери	Вероятность потери
0	1791	145	0,0809	8228	795	0,0966
0,1	1833	157	0,0856	8185	802	0,0980
0,2	1791	145	0,0809	8233	810	0,0983
0,3	1820	148	0,0813	8191	907	0,1107
0,4	1836	120	0,0653	8177	931	0,1138
0,5	1789	73	0,0408	8220	828	0,1007
0,6	1783	61	0,0342	8229	821	0,0997
0,7	1771	48	0,0271	8239	832	0,1009
0,8	1771	28	0,0158	8249	893	0,1082
0,9	1765	19	0,0107	8255	873	0,1057
1	1820	0	0	8203	929	0,1132

Таблица 2

Результаты моделирования для слабой загрузки системы

Вероятность выталкивания	Сильная загрузка системы					
	Пакетов 1 типа	Потери	Вероятность потери	Пакетов 2 типа	Потери	Вероятность потери
0	8624	2531	0,2934	1406	378	0,2688
0,1	8585	2110	0,2457	1444	679	0,4702
0,2	8581	1871	0,2180	1450	854	0,5889
0,3	8592	1660	0,1932	1430	1139	0,7965
0,4	8593	1498	0,1743	1437	1332	0,9269
0,5	8598	1464	0,1702	1433	1379	0,9623
0,6	8597	1477	0,1718	1430	1385	0,9685
0,7	8591	1453	0,1691	1430	1407	0,9839
0,8	8591	1449	0,1686	1430	1411	0,9867
0,9	8596	1431	0,1664	1431	1413	0,9874
1	8591	1497	0,1742	1436	1434	0,9986

висит качество предоставляемых услуг, например, по каналам сети Интернет или по линиям телефонной связи. Так, данные модели имеет смысл применять в устройствах, играющих роль «фильтра» на входе какой-нибудь корпоративной сети или управляемого устройства. В качестве практического применения исследуемых моделей предполагается их использование в межсетевых экранах отечественного производства модели «ССПТ-2» и других моделях, производимых фирмами ЗАО «НПО РТК» и ООО «ФРАКТЕЛ» [9].

Еще одной областью применения является удаленное управление по общедоступным каналам связи. Обычно любой процесс управления сопровождается обратной связью с управляемым устройством. Например, передача данных телеметрии и видеосигнал с информацией, в которой функционирует управляемый объект. В таком случае требуется определять приоритеты между ними и порядок обработки этих данных, а также осуществлять балансировку этих потоков. В исследованной модели эти два потока данных могут быть учтены и может быть осуществлена их приоритетная обработка. Одним из таких процессов является космический эксперимент по удаленному управлению роботом на поверхности планеты оператором, находящимся на бор-

ту Международной космической станции (МКС) «Контур-2». Канал связи МКС имеет ограниченную пропускную способность. Чтобы учесть это ограничение, будет использоваться исследованная модель [5, 10]. Схема эксперимента изображена на рис. 5. На данной схеме моделируемое устройство может быть расположено на борту МКС и должно управлять процессом подготовки данных для передачи на поверхности планеты по каналу связи с ограниченной пропускной способностью. Подробности системы управления приведены в статье «Сетецентрический подход к созданию системы удаленного управления робототехническими объектами с борта орбитальной станции», публикуемой в данном выпуске журнала.

Рассматриваемые модели пригодны для использования при управлении потоками данных в таких сервисах, как Skype. Для обеспечения заданного уровня качества передачи видео- или аудиосигнала требуется определить приоритет и иметь возможность динамической настройки процесса передачи информации. Рассматриваемые модели не предоставляют возможности избежать потерь передаваемых данных, но позволяют хотя бы минимизировать их. Результаты, приведенные в этой статье, подтверждают возможность использования моделей

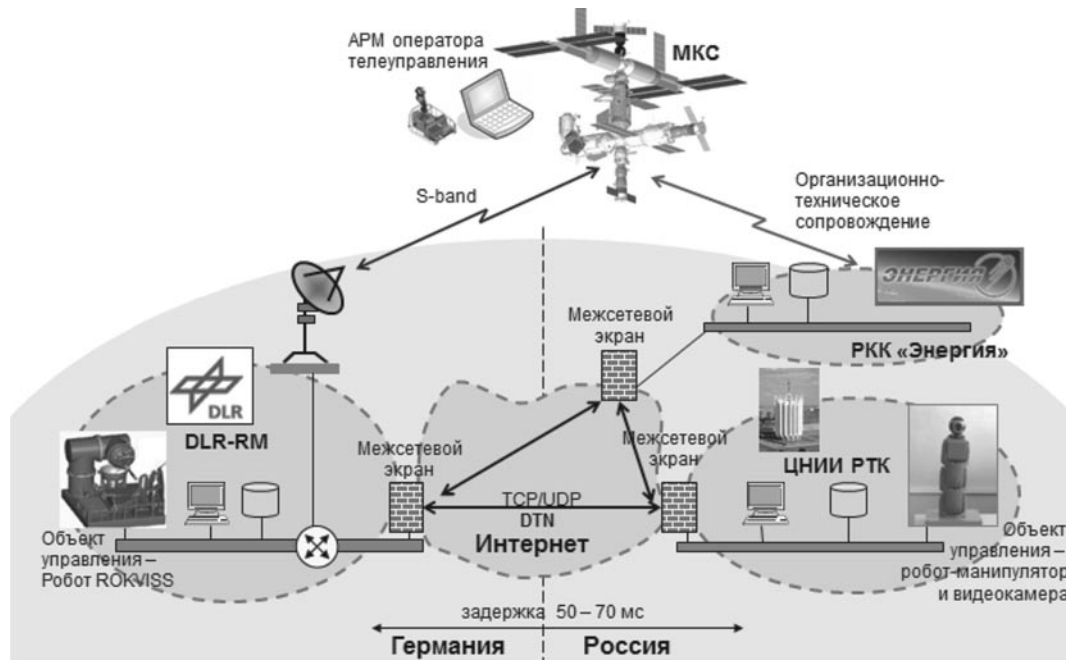


Рис. 5. Схема космического эксперимента «Контур-2»

и на начальном этапе сеанса связи пользователей.

#### Обобщение модели на случай большого количества потоков данных

Результаты данной работы могут использоваться не только в случае систем с двумя потоками. Пусть в системе имеется большое количество потоков данных. Анализируя данные этих потоков, им можно расставить различные приоритеты. Далее требуется выделить наиболее приоритетные потоки и объединить их в один приоритетный поток, который имеет суммарную интенсивность этих потоков, а все остальные потоки объединяются в неприоритетный поток, тоже с суммарной интенсивностью. Таким образом, система сводится к системе с двумя потоками, и результаты данной работы могут использоваться для оценки характеристик подобных систем.

В теории машинного обучения применяется стандартный подход «один против всех» (one-vs-all), позволяющий решать задачи классификации не только с двумя ответами «да» и «нет», но и с любым количеством. Используя такой подход, мы выделяем один исследуемый поток в системе

и рассматриваем его как приоритетный. Все остальные потоки объединяются в другой неприоритетный поток данных. Также можно рассмотреть противоположный вариант, когда интересующий поток выделяется как неприоритетный, а остальным ставится приоритет. Тогда с использованием исследованной модели можно получить результаты влияния на систему выбранного потока данных на фоне остальных.

В статье исследован метод управления характеристиками сетевого трафика с использованием приоритетного вероятностного механизма обработки пакетных данных. На примере двухпоточковой системы массового обслуживания (СМО) с ограниченным объемом буферной памяти и алгоритмом обработки пакетов, параметром которого является вероятность вытеснения неприоритетного требования и его замещение приоритетным, исследованы вероятности потери требований в системе с приоритетным обслуживанием заявок. Предложен способ обобщения решения, полученного для двухпоточковых СМО, на многопоточковые режимы функциони-



рования, характерные для современных сложных систем. С этой целью разработан алгоритм декомпозиции многопоточковых процессов передачи пакетного трафика, позволяющий исследовать характеристики как отдельных, так и агрегированных потоков данных, исходя из «степени их важности» с точки зрения решаемой задачи управления. В его основе лежит идея стандартного подхода «one-vs-all».

В данной статье приведено сравнение результатов предыдущего этапа исследований аналитическими методами и результатов текущего этапа, в котором была построена имитационная модель в среде GPSS World для получения вероятностных

характеристик исследуемой системы.

Одно из основных достоинств данной модели — простой и эффективный способ управления характеристиками модели, не зависящий от типа входных или выходных данных, а только влияющий на поведение системы. Этим способом является изменение вероятности выталкивания неприоритетного требования приоритетным из системы в случае ее переполнения. Также в статье описан круг задач, в которых возможно применение рассматриваемой модели и использование предлагаемого способа управления моделью позволит эффективно управлять качеством передачи данных по каналам связи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1979.
2. Башарин Г.П. Некоторые результаты для систем с приоритетами // Массовое обслуживание в системах передачи информации. — М.: Наука, 1969. — С. 39–53.
3. Avrachenkov K.E., Vilchevsky N.O., Shevlyakov G.L. Priority queueing with finite buffer size and randomized push-out mechanism // Proc. of the ACM Internat. Conf. on measurement and modelling of computer. — San Diego: ACM, 2003. — P. 324–335.
4. Zaborovsky V., Mulyukha V., Pyashenko A., Zayats O. Access control in a form of active queueing management in multipurpose operation networks // Internat. J. on Advances in Networks and Services. — 2011. — Vol. 4. — № 3 & 4. — P. 363–374.
5. Заборовский В.С., Кондратьев А.С., Силенко А.В., Мулюха В.А., Ильяшенко А.С., Филиппов М.С. Удаленное управление робототехническими объектами в космических экспериментах серии «Контур» // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — № 6(162). — С. 23–32.
6. Заяц О.И., Заборовский В.С., Мулюха В.А., Вербенко А.С. Управление пакетными коммутациями в телематических устройствах

с ограниченным буфером при использовании абсолютного приоритета и вероятностного выталкивающего механизма. Ч. 1 // Программная инженерия. — 2012. — № 2. — С. 22–28.

7. Заяц О.И., Заборовский В.С., Мулюха В.А., Вербенко А.С. Управление пакетными коммутациями в телематических устройствах с ограниченным буфером при использовании абсолютного приоритета и вероятностного выталкивающего механизма. Ч. 2 // Программная инженерия. — 2012. — № 3. — С. 21–29.

8. Zaborovsky Vladimir, Lukashin Alexey, Kuprenko Sergey, Mulyukha Vladimir. Dynamic Access Control in Cloud Services // Internat. Transactions on Systems Science and Applications. — Dec. 2011. — Vol. 7. — № 3/4. — P. 264–277.

9. Zaborovsky Vladimir S., Kuprenko Sergey V., Shemanin Yuri A. Secure computer network with a network screen // Патент US 7281129.

10. Заборовский В.С., Кондратьев А.С., Мулюха В.А., Силенко А.В., Ильяшенко А.С. Управление группировками напланетных роботов с борта пилотируемой орбитальной станции в рамках проекта «METERON» // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — № 6(162). — С. 59–66.

#### REFERENCES

1. Kleinrock L. Teoriya massovogo obslugivaniya. — Moscow: Mashinostroenie, 1979. (rus)
2. Basharin G.P. Nekotorie rezultati dlya sistem s prioritetami / Massovoe obslugivanie v sistemah peredachi informacii. — Moscow: Nauka, 1969. — S. 39–53. (rus)
3. Avrachenkov K.E., Vilchevsky N.O., Shevlyakov G.L. Priority queueing with finite buffer

size and randomized push-out mechanism / Proc. of the ACM Internat. Conf. on measurement and modeling of computer. — San Diego: ACM, 2003. — P. 324–335.

4. Zaborovsky V., Mulyukha V., Pyashenko A., Zayats O. Access control in a form of active queueing management in multipurpose operation networks / Internat. J. on Advances in Networks

and Services. – 2011. Vol. 4. – № 3 & 4. – P. 363–374.

5. **Zaborovsky V.S., Kondratev A.S., Silinenko A.V., Muliukha V.A., Ilyashenko A.S., Filippov M.S.** Udalennoe upravlenie robototekhnicheskimi objectami v kosmicheskikh eksperimentakh serii «Kontur» / Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Informatica. Upravlenie. Telekommunikatsii. – St.-Petersburg: Izd-vo Politehn. un-ta, 2012. – № 6(162). – S. 23–32. (rus)

6. **Zayats O.I., Zaborovsky V.S., Muliukha V.A., Verbenko A.S.** Upravlenie paketnimi kommutatsiyami v telematicheskikh ustroystvakh s ogranichenim buferom pri ispolzovanii absolutnogo prioriteta i veroyatnostnogo vitalkivaushego machanisma. Ch. 1 / Programnaya Ingeneria. – 2012. – № 2. – S. 22–28. (rus)

7. **Zayats O.I., Zaborovsky V.S., Muliukha V.A., Verbenko A.S.** Upravlenie paketnimi kommutatsiyami v telematicheskikh ustroystvakh s ogranichenim

buferom pri ispolzovanii absolutnogo prioriteta i veroyatnostnogo vitalkivaushego machanisma. Ch. 2 / Programnaya Ingeneria. – 2012. – № 3. – S. 21–29. (rus)

8. **Zaborovsky Vladimir, Lukashin Alexey, Kuprenko Sergey, Muliukha Vladimir.** Dynamic Access Control in Cloud Services / Internat. Transactions on Systems Science and Applications. – Dec. 2011. – Vol. 7. – № 3/4. – P. 264–277.

9. **Zaborovsky Vladimir S., Kuprenko Sergey V., Shemanin Yuri A.** Secure computer network with a network screen / Patent US 7281129.

10. **Zaborovsky V.S., Kondratyev A.S., Muliukha V.A., Silinenko A.V., Ilyashenko A.S.** Upravlenie gruppirovkami naplanethikh robotov s borta pilotiruemoy orbitalnoy stancii v ramkah proekta «METERON» / Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Informatica. Telekommunikatsii. Upravlenie. – St.-Petersburg: Izd-vo Politekh. un-ta, 2012. – № 6(162). – S. 59–66. (rus)

---

**ЗАБОРОВСКИЙ Владимир Сергеевич** – *заведующий кафедрой телематики (при Центральном научно-исследовательском и опытно-конструкторском институте робототехники и технической кибернетики) Института прикладной математики и механики Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, доктор технических наук, профессор.*

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.  
E-mail: vlad@neva.ru

**ZABOROVSKY, Vladimir S.** *St. Petersburg State Polytechnical University.*  
195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St.-Petersburg, Russia.  
E-mail: vlad@neva.ru

**ИЛЪЯШЕНКО Александр Сергеевич** – *аспирант Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.*

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.  
E-mail: ilyashenko.alex@gmail.com

**ILYASHENKO, Aleksandr S.** *St. Petersburg State Polytechnical University.*  
195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St.-Petersburg, Russia.  
E-mail: ilyashenko.alex@gmail.com

**МУЛЮХА Владимир Александрович** – *старший научный сотрудник Центрального научно-исследовательского и опытно-конструкторского института робототехники и технической кибернетики.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 21.  
E-mail: vladimir@mail.neva.ru

**MULIUKHA, Vladimir A.** *Senior Researcher Center for Robotics and Technical Cybernetics.*  
194064, Tichoretskiy pr. 21, St.-Petersburg, Russia.  
E-mail: vladimir@mail.neva.ru