

Классификация моделей схем приоритетного доступа в беспроводных сетях

И.А. Кочеткова

Российский университет дружбы народов
Россия, 117198, Москва, Миклухо-Маклая ул., 6
E-mail: kochetkova-ia@rudn.ru

К.Е. Самуйлов

Российский университет дружбы народов
Россия, 117198, Москва, Миклухо-Маклая ул., 6
E-mail: samuylov-ke@rudn.ru

Ключевые слова: беспроводная сеть, приоритетный доступ, система массового обслуживания, приоритетное обслуживание, матрица приоритетов

Аннотация: Теория массового обслуживания и математическая теория телетрафика находят широкое применение для моделирования и анализа современных сетей связи. Приоритетные системы массового обслуживания позволяют описать сценарии, когда заявки разных классов имеют различные права на доступ к ресурсу. Для задания приоритета используется классификация профессора Башарина Г.П. Современные беспроводные сети выдвигают требования к более гибкой настройке приоритета: приоритет для каждой пары классов заявок в виде матрицы приоритетов, возможность снижать скорость, учет структуры и разных типов ресурса, влияние на систему различных внешних событий. В докладе предложена классификация моделей приоритетного доступа посредством задания для модели схемы приоритетного доступа и соответствующий матрицы приоритетов.

1. Введение

Теория массового обслуживания и математическая теория телетрафика находят широкое применение для моделирования и анализа современных сетей связи [3]. Приоритетные системы массового обслуживания (СМО) позволяют описать сценарии, когда заявки разных классов имеют различные права на доступ к обслуживающим приборам и очереди, в том числе за счет вытеснения более приоритетными заявками менее приоритетных [2]. Для описания таких систем применяется классификация профессора Башарина Г.П. – дополнительно к дисциплине обслуживания, СМО «кодируется» символом приоритета f_i^j [3–5]. Параметр i описывает механизм доступа к приборам или очереди: $i = 0$ механизм отсутствует, $i = 1$ относительный, $i = 2$ абсолютный. В случае абсолютного приоритета, параметр j задает принцип выбора заявок для вытеснения: $j = 0$

отсутствует, $j = 1$ вероятностный, $j = 2$ детерминированный.

Дальнейшее развитие проводных и беспроводных сетей [6] приводит к необходимости более гибкой настройки приоритета – уже не достаточно «линейно упорядочить» классы заявок, а требуется задавать приоритеты для каждой пары классов заявок – в виде матрицы приоритетов [7, 8]. Согласно спецификации международной организации по стандартизации сетей связи 3GPP TS 23.501, помимо абсолютного приоритета в виде прерывания обслуживания заявки, возможно снижать скорость, что также можно дополнительно отразить в матрице приоритетов [8].

Современные беспроводные сети 5G и будущие сети 6G выдвигают новые требования к формализации понятия приоритета как компоненты описания СМО. Это и необходимость расшифровки понятия прибора (пропускная способность, ресурсные блоки), учет разных типов ресурса помимо приборов (мощность сигнала, диапазон радиочастот), влияние на систему внешних событий (например, приводящих к перераспределению ресурса между группами заявок при использовании технологии нарезки сети).

В докладе предложена классификация моделей приоритетного доступа посредством задания для модели схемы приоритетного доступа и соответствующий матрицы приоритетов. На нескольких примерах проиллюстрирована структура матрицы приоритетов.

2. Схема приоритетного доступа

Под **схемой приоритетного доступа** будем понимать пять компонент, которые схематично представлены на рис. 1.

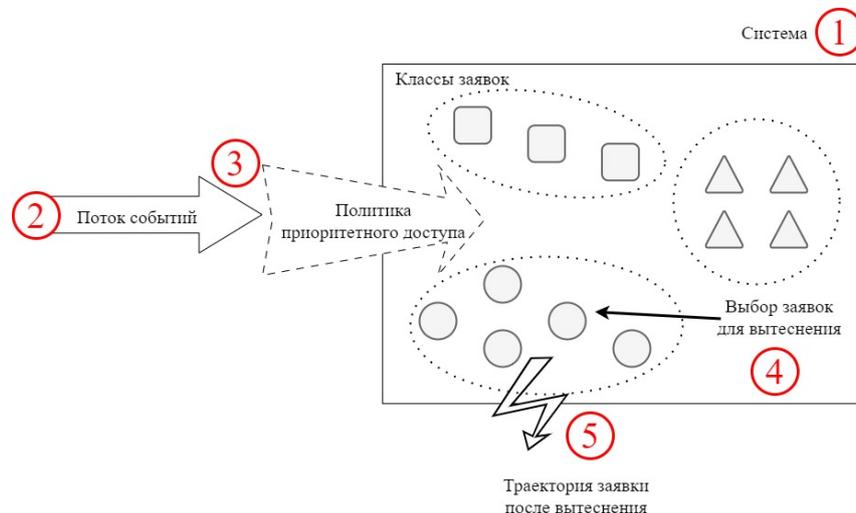


Рис. 1. Компоненты схемы приоритетного доступа

1. **Структура системы:** (а) компоненты системы, к которым организован приоритетный доступ – места для обслуживания заявок (ресурс), места для ожидания начала обслуживания, места для ожидания возобновления обслуживания и пр.; (б) структура компонентов системы – объем мест,

доступных для заявок различных классов; (в) тип ресурса для обслуживания заявок: ресурсные блоки (physical resource block, PRB), пропускная способность, мощность сигнала, диапазон частот, слоты времени и др.; а также при необходимости типы других компонент системы.

2. **Поток событий:** (а) внешние события, влияющие на объем доступного ресурса для заявок различных классов, на объем занимаемого заявками ресурса, на доступ к ресурсу и т.п.; (б) события, связанные с заявками различных классов, в том числе с учетом их состояния во время пребывания в системе, например, заявки, возобновляющие обслуживание. События, которые могут оказать влияние на доступность, занятие ресурса заявками других классов, доступ к ресурсу, будем называть **приоритетными событиями**.
3. **Политика приоритетного доступа:** для каждого типа событий из потока задается порядок применения различных механизмов реализации приоритета по отношению к (а) объему доступного ресурса для заявок различных классов и (б) объему ресурса, занимаемого заявками каждого из классов в отдельности с учетом их состояния. **Механизм реализации приоритета** заключается в (i) порядке доступа к ресурсу и другим компонентам системы (относительный «1», абсолютный – вытеснение «2», отсутствует «0») и (ii) его применении во времени (постоянный, чередующийся, изменяющийся или динамический, смешанный и пр.), (iii) способе реализации абсолютного приоритета (снижение «3» или освобождение объема занимаемого ресурса «2»).
4. **Принцип выбора заявок для вытеснения:** для абсолютного приоритета с вытеснением заявок определяется порядок выбора необходимого числа заявок, к которым будет применено снижение или освобождение объема занимаемого ими ресурса – вероятностный «1», детерминированный «2» выбор и др.
5. **Траектория заявки после вытеснения:** для абсолютного приоритета определяется последующее состояние вытесненных заявок – они теряются «0», ожидают возобновления обслуживания – происходит дообслуживание «1», заново обслуживаются «2» и пр.

3. Матрица приоритетов и примеры описания моделей

Схему приоритетного доступа будем задавать в виде **матрицы приоритетов**, по строкам которой перечислены типы событий из потока (2), а по столбцам – группы ресурсов (1) и классы заявок с учетом состояния (2) и способа реализации абсолютного приоритета (3). Элементом матрицы приоритетов является тройка: (i) порядок применения механизма для заданного события (3), (ii) принцип выбора заявок для вытеснения (4), (iii) траектория заявки после вытеснения (5). Схематично матрица приоритетов показана на рис. 2.

Матрицу приоритетов, следуя обозначениям классификации Башарина Г.П. f_i^j и сохраняя смысл параметров i и j , будем обозначать \mathbf{F} . Элементы матрицы приоритетов закодируем следующим образом $\mathbf{F}[k, (m, i)] = (p, j, l)$, где k тип события из потока, m группа ресурсов и классы заявок с учетом состояния, i механизм

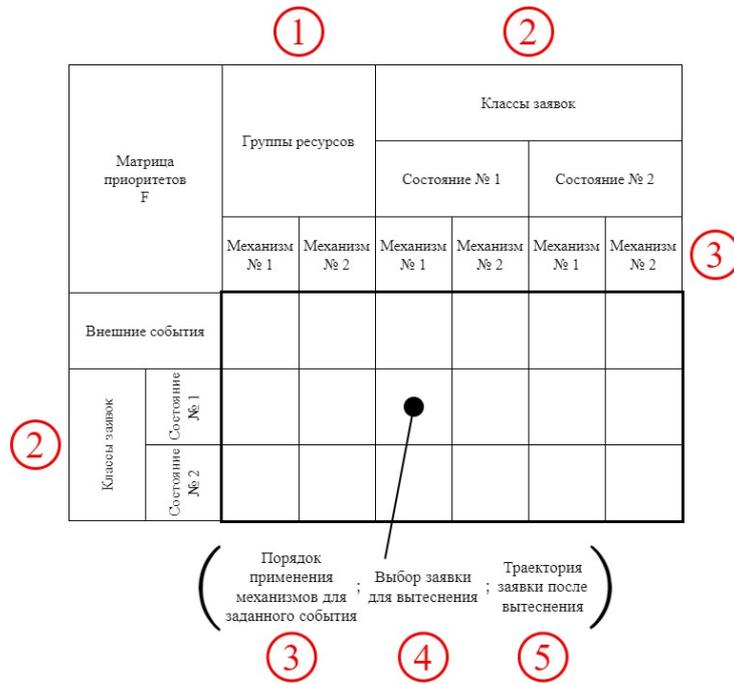


Рис. 2. Структура матрицы приоритетов

реализации приоритета, p порядок применения механизма, j выбор заявки для вытеснения, l траектория заявки после вытеснения.

Проиллюстрируем кодирование схем приоритетного доступа на примере двух моделей, недавно исследованных авторами. В первом случае [9] имеется поток внешних событий от контроллера базового оператора, управляющего перераспределением ресурса между виртуальными операторами. Во втором случае [10] более приоритетные заявки на передачу данных с малой задержкой (ultra-reliable low-latency communications, URLLC) вытесняют менее приоритетные заявки широкополосной связи (enhanced mobile broadband, eMBB). Ниже приведена структура матриц приоритетов.

F	ресурс 1-оператора, изменение пропускн. способн.	ресурс 2-оператора, изменение пропускн. способн.	1-заявки обслуж.	1-заявки ожидают	2-заявки обслуж.	2-заявки ожидают
поступает сигнала контроллера	1	1	0	0	0	0
поступает 1-заявка	0	0	0	0	0	0
начинает обслуж. 1-заявка	0	0	0	0	0	0
поступает 2-заявка	0	0	0	0	0	0
начинает обслуж. 2-заявка	0	0	0	0	0	0

F	URLLC-заявки обслуж., $i = 2$	eMBB-заявки обслуж.	eMBB-заявки ожидают возобнов. обслуж.	eMBB-заявки ожидают начала обслуж., $i = 1$
поступает URLLC-заявка	(1,1,1=2)	0	0	0
поступает eMBB- заявка	0	0	0	0
попытка возобновить обслуж. eMBB	0	0	0	1
попытка начать обслуж. eMBB	0	0	0	0

4. Заключение

В докладе предложена классификация моделей приоритетного доступа посредством задания для модели схемы приоритетного доступа и соответствующий матрицы приоритетов.

Публикация выполнена в рамках проекта № 025319-2-000 Системы грантовой поддержки научных проектов РУДН.

Список литературы

1. Башарин Г.П., Харкевич А.Д., Шнепс М.А. Массовое обслуживание в телефонии. М.: Наука, 1968. 247 с.
2. Гнеденко Б.В., Даниелян Э.А., Димитров Б.Н., Климов Г.П., Матвеев В.Ф. Приоритетные системы обслуживания. М.: МГУ, 1973. 448 с.
3. Башарин Г.П. Об обслуживании двух потоков с относительным приоритетом на полноступной системе с ограниченным числом мест для ожидания // Известия Академии наук СССР. Техническая кибернетика. 1967. № 2. С. 72-86.
4. Башарин Г.П. Обслуживание двух потоков на однолинейной системе с ограниченным числом мест для ожидания и абсолютным приоритетом // Известия Академии наук СССР. Техническая кибернетика. 1967. № 5. С. 106-116.
5. Башарин Г.П. О пуассоновских обслуживающих системах с абсолютным приоритетом и обратной связью // Сборник «Массовое обслуживание в системах передачи информации». М.: Наука, 1969. С. 3-20.
6. Basharin G.P., Samouylov K.E., Yarkina N.V., Gudkova I.A. A New Stage in Mathematical Teletraffic Theory // Automation and Remote Control. 2009. Vol. 70, No. 12. P. 1954-1964.
7. Алиев Т.И., Махаревс Э. Дисциплины обслуживания на основе матрицы приоритетов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. Т. 6, № 94. С. 91-97.
8. Samouylov K., Gudkova I., Markova, E. Formalizing set of Multiservice Models for Analyzing Pre-emption Mechanisms in Wireless 3GPP Networks // Communications in Computer and Information Science. 2016. Vol. 601. P. 61-71.
9. Kochetkova I., Leonteva K., Ghebrial I., Vlaskina A., Burtseva S., Kushchazli A., Samouylov K. Controllable Queuing System with Elastic Traffic and Signals for Resource Capacity Planning in 5G Network Slicing // Future Internet. 2024. Vol. 16, No. 18.
10. Makeeva E., Kochetkova I., Alkanhel R. Retrial Queueing System for Analyzing Impact of Priority Ultra-Reliable Low-Latency Communication Transmission on Enhanced Mobile Broadband Quality of Service Degradation in 5G Networks // Mathematics. 2023. Vol. 11, No. 18. art.no. 3925.