
**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПОЛЛИНГА С ЦИКЛИЧЕСКИМ ОПРОСОМ И
ОГРАНИЧЕННЫМ ИСЧЕРПЫВАЮЩИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ****Э.А. Асмаева (Санкт-Петербург)****Введение**

В последние годы одним из основных направлений развития сетевой индустрии становятся беспроводные сети передачи информации. Для многих стран, в том числе и для России, широкополосные беспроводные решения имеют особое значение, так как позволяют экономично и оперативно создавать телекоммуникационную инфраструктуру на обширных территориях. Для оценки характеристик беспроводных сетей широко применяются стохастические модели поллинга [1]. Системы поллинга, или системы упорядоченного опроса, в самом общем виде сходны с традиционными приоритетными системами массового обслуживания [2, 3], однако в приоритетных системах заявки с более высоким приоритетом (относительным или абсолютным) обслуживаются раньше заявок с низким приоритетом, тогда как в системах поллинга приоритет назначается группе заявок одного класса по определенному правилу, причем размер групп может быть различным.

Большинство исследований систем поллинга направлено на определение среднего времени ожидания (пребывания) заявок в системе. В то же время, одной из важнейших характеристик, определяющих качество передачи мультимедийных данных в компьютерных сетях, является вариация (джиттер) задержки пакетов, которая рассчитывается на основе среднеквадратического отклонения времени задержки пакетов в системе [4]. Поскольку получение в явном виде аналитических зависимостей в общем случае оказывается невозможным, большое внимание уделяется разработке приближенных формул на основе результатов экспериментальных данных, полученных путем измерений на реальной системе или с помощью имитационного моделирования.

Ниже представлены результаты имитационного моделирования системы поллинга с циклическим опросом и ограниченным исчерпывающим обслуживанием, которые позволили выявить свойства и закономерности, присущие процессам, протекающим в системах поллинга.

Постановка задачи

Рассмотрим систему, которая имеет один сервер и N ($N \geq 2$) очередей с неограниченным числом мест для ожидания. В i -ю очередь поступает простейший поток заявок с интенсивностью λ_i . Времена обслуживания заявок в i -й очереди независимы и распределены по экспоненциальному закону со средним значением b_i . Сервер посещает очереди согласно циклическому порядку опроса очередей и обслуживает их в соответствии с ограниченной исчерпывающей дисциплиной, т.е. сервер обслуживает очередь до тех пор, пока не произойдет одно из двух событий: либо будут обслужены l заявок, либо очередь опустеет [1]. При этом нужно учесть, что если $l_i < l_{i+1}$, то это равносильно тому, что $i+1$ -я очередь имеет более высокий приоритет, чем i -я очередь (хотя обслуживание i -й очереди произойдет раньше). Время, затрачиваемое сервером на переключение между очередями, не учитывается.

Для получения значений среднего времени ожидания заявок в каждой из очередей системы с помощью системы моделирования AnyLogic [5] построена имитационная модель. Выбор этого инструмента связан с такими возможностями, как использование для разработки модели графического редактора, наблюдение за поведением модели в процессе ее выполнения, изменение параметров модели, вывод результатов моделирования в различных формах. Структура имитационной модели показана на рис. 1.

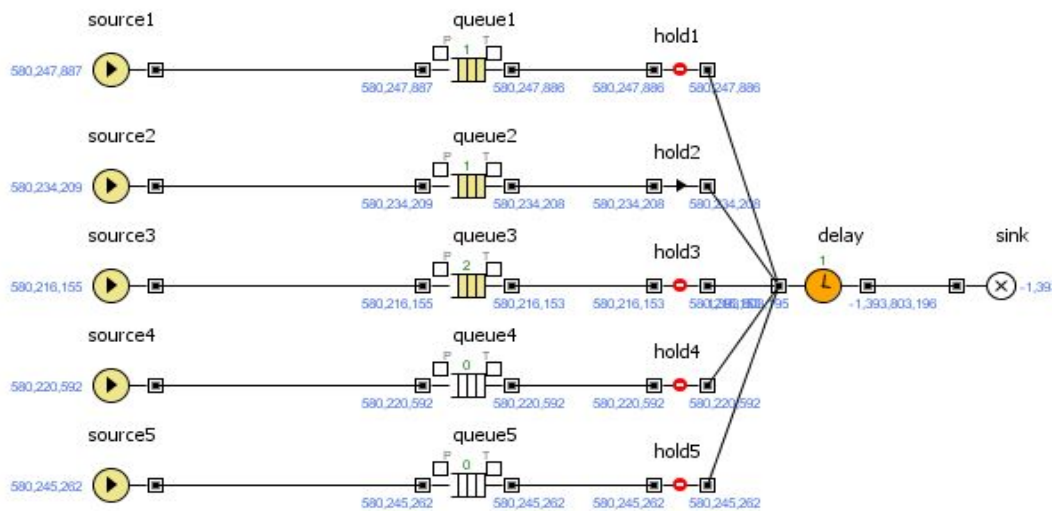


Рис. 1. Модель системы поллинга с циклическим опросом и ограниченным исчерпывающим обслуживанием

Для того чтобы проанализировать зависимость среднего времени ожидания заявок в каждой из очередей системы от параметра l_i и суммарной загрузки системы, примем, что заявки поступают в каждую очередь с равной интенсивностью $\lambda_i = \lambda$ и имеют одинаковое среднее время обработки $b_i = b$. Так как наиболее интересными для изучения являются высоконагруженные системы, будем изменять суммарную загрузку системы ρ в пределах от 0,5 до 0,9 в первой группе экспериментов путем увеличения интенсивности λ , во второй группе экспериментов путем увеличения времени обслуживания b . Число очередей примем равным пяти, причем из первой очереди будет обслуживаться одна заявка, из второй – две подряд заявки, из третьей – три и т.д.

Результаты моделирования

График зависимости среднего времени ожидания заявок в каждой из очередей системы от суммарной загрузки системы, построенный по результатам первой группы экспериментов, представлен на рис. 2.

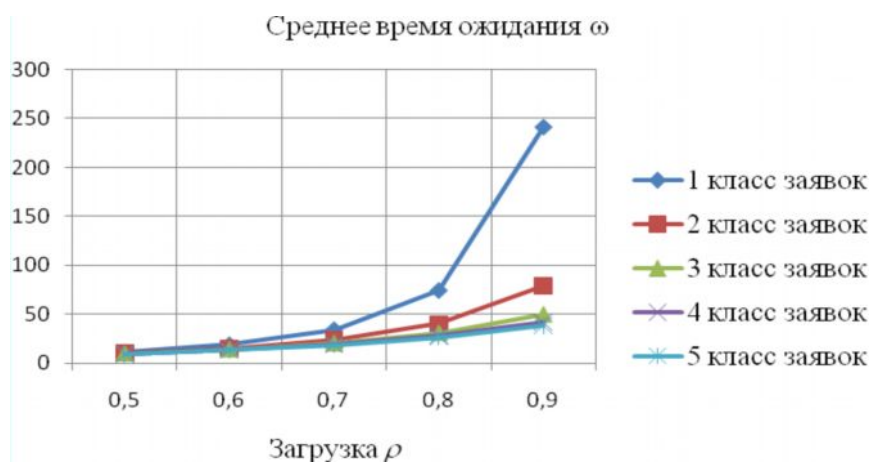


Рис. 2. График зависимости среднего времени ожидания заявок в каждой из очередей системы от суммарной загрузки системы (увеличивалась интенсивность λ)

Из графика следует, что с увеличением общей загрузки системы среднее время ожидания заявок в каждой из очередей увеличивается. Среднее время ожидания заявок в первой очереди (в каждом цикле обслуживается только одна заявка) больше, чем среднее время ожидания заявок в других очередях (в каждом цикле обслуживается несколько заявок). При максимальной суммарной загрузке системы, равной 0,9, разница между средним временем ожидания заявок в первой очереди и средним временем ожидания заявок в других очередях становится максимальной и примерно составляет от 160 ед. времени (в сравнении со второй очередью, $l=2$) до 200 ед. (в сравнении с пятой очередью, $l=5$).

Изменение коэффициента вариации времени ожидания заявок в каждой из очередей в зависимости от суммарной загрузки системы для первой группы экспериментов представлено на рис. 3.

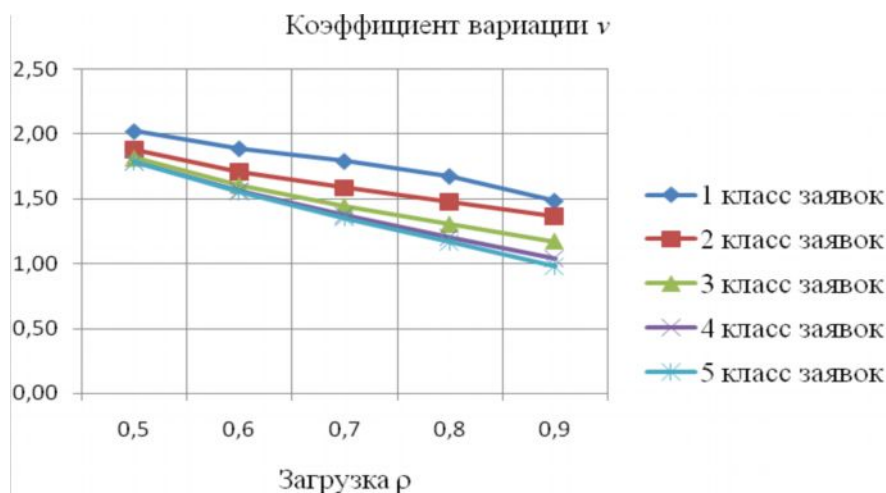


Рис. 3. Зависимости коэффициентов вариации времени ожидания заявок от суммарной загрузки системы (увеличивалась интенсивность λ)

Из графика видно, что коэффициент вариации времени ожидания в каждой из очередей уменьшается с возрастанием суммарной загрузки системы. Время ожидания заявок первой очереди имеет больший коэффициент вариации (а следовательно, и большее среднеквадратическое отклонение) по сравнению со средним временем ожидания в других очередях. Самым низким коэффициентом вариации (и среднеквадратическим отклонением) на всей области изменения суммарной загрузки системы обладает время ожидания заявок в пятой очереди ($l=5$). При максимальной суммарной загрузке системы, равной 0,9, коэффициент вариации времени ожидания заявок в пятой очереди близок к 1.

На рис. 4 представлен построенный по результатам второй группы экспериментов график зависимости среднего времени ожидания заявок в каждой из очередей системы от суммарной загрузки системы.

Способ увеличения суммарной загрузки системы (путем изменения интенсивности λ или среднего времени обслуживания заявок b) не влияет на характер зависимости от суммарной загрузки среднего времени ожидания заявок в каждой из очередей системы. Но при изменении среднего времени обслуживания средние значения времени ожидания заявок в каждой из очередей на всей области изменения суммарной загрузки отличаются от значений, полученных при увеличении интенсивности λ , причем меньшим значениям среднего времени обслуживания соответствуют меньшие значения времени ожидания. В то же время значения коэффициентов вариации времени ожидания заявок в каждой из очередей в зависимости от суммарной загрузки системы для второй группы эксперимен-

тов с точностью в пределах доверительного интервала совпали со значениями, полученными для первой группы экспериментов (рис. 3), то есть значения коэффициентов вариации обеих групп экспериментов одинаковы. При этом среднеквадратические отклонения времени ожидания заявок при увеличении суммарной загрузки путем изменения среднего времени обслуживания b отличаются от значений, полученных при увеличении суммарной загрузки системы путем изменения интенсивности λ , в такой же пропорции, в которой изменяются средние значения времени ожидания заявок разных классов.

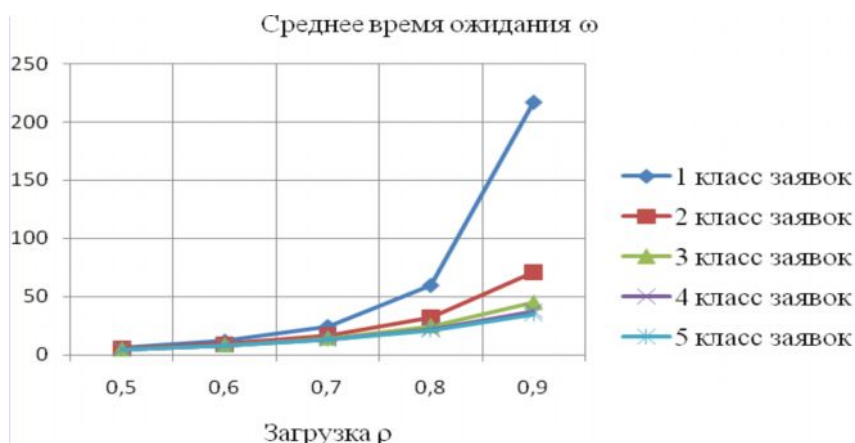


Рис. 4. График зависимости среднего времени ожидания заявок в каждой из очередей системы от суммарной загрузки системы (увеличивалось время обслуживания b)

Выводы

Проанализировав результаты имитационного моделирования системы поллинга с циклическим опросом и ограниченным исчерпывающим обслуживанием, можно сделать следующие выводы:

1. Среднее значение и коэффициент вариации (среднеквадратическое отклонение) времени ожидания заявок зависят от размера группы, назначаемой на обслуживание, причем увеличение размера группы приводит к уменьшению этих значений.

2. С увеличением суммарной загрузки системы увеличиваются средние значения и среднеквадратические отклонения времени ожидания заявок, но уменьшаются коэффициенты вариации, при этом разница между временами ожидания в очередях с разным приоритетом (разным размером групп, назначаемых на обслуживание) растет.

3. Способ увеличения суммарной загрузки системы (путем изменения интенсивности или времени обработки заявок) влияет на среднее значение и среднеквадратическое отклонение времени ожидания заявок. При одинаковой суммарной загрузке среднее время ожидания в очередях и его среднеквадратическое отклонение тем больше, чем больше время обработки заявок.

4. Зависимость отношения среднего времени ожидания заявок в первой (низкоприоритетной) очереди к среднему времени ожидания заявок в остальных очередях от суммарной загрузки системы при одних и тех же размерах групп заявок, назначаемых на обслуживание, одинакова для любого способа изменения суммарной загрузки системы (путем изменения интенсивности λ или времени обработки заявок b).

5. Аналогично, зависимости коэффициентов вариации времени ожидания заявок в очередях системы от суммарной загрузки системы одинаковы для любого способа изме-

нения суммарной загрузки системы (путем изменения интенсивности λ или времени обработки заявок b).

Литература

1. Вишневский В.М., Семенова О.В. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях. – М.: Техносфера, 2007. – 312 с.
2. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
3. Алиев Т.И., Муравьева-Витковская Л.А. Приоритетные стратегии управления трафиком в мультисервисных компьютерных сетях // Известия вузов. Приборостроение. – 2011. – № 6. – С. 44–49.
4. Aliev, T. I; Nikulsky, I. Y.; Pyattaev, V. O. Modeling of packet switching network with relative prioritization for different traffic types // 10th International Conference on Advanced Communication Technology Location: Phoenix Pk, South Korea Date: FEB 17-20, 2008 . VOLS I-III: INNOVATIONS TOWARD FUTURE NETWORKS AND SERVICES. – Pages: 2174–2176.
5. Киселева М.В. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2009, – 88 с.