

УДК 004.942

З. Т. Буй<sup>1</sup>, О. В. Семёнова<sup>2</sup><sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

## Исследование систем поллинга с использованием имитационного моделирования

Рассматривается задача имитационного моделирования системы поллинга с исчерпывающей и шлюзовой дисциплиной обслуживания очереди. В данной работе исследуются три порядка опроса: циклический, адаптивный динамический и упорядоченный адаптивный динамический опрос. С помощью имитационного моделирования проводится сравнительный анализ различных дисциплин опроса с точки зрения средних времен ожидания.

**Ключевые слова:** система поллинга, циклический опрос, адаптивный динамический опрос, упорядоченный адаптивный динамический опрос, имитационное моделирование.

D. T. Bui<sup>1</sup>, O. V. Semenova<sup>2</sup><sup>1</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (State University)<sup>2</sup>Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences

## Analysis of polling systems by simulation

The problem of polling system simulation with exhaustive and gated disciplines is considered. In this paper, three types of polling order are examined, viz. cyclic, adaptive dynamic and ordered adaptive dynamic. In the simulation, we provide comparative analysis of cyclic and adaptive polling orders in terms of the mean waiting times in queues.

**Key words:** polling system, cyclic polling, adaptive dynamic polling, ordered adaptive polling, simulation.

### 1. Введение

Система поллинга – это система массового обслуживания, которая имеет общий сервер (или несколько серверов) для всех очередей, сервер по определенному правилу обходит очереди и обслуживает заявки, которые поступают в систему и накапливаются в ее очередях. Такие системы находят применение в широкополосных беспроводных сетях с централизованным управлением, РСF (Point Coordination Function) под управлением протоколов IEEE 802.11 или 802.16.

Правило посещения сервером каждой очереди называется *порядком поллинга* (или *порядком опроса*). Предполагаем, что система поллинга имеет  $n$  очередей, очереди занумерованы от 1 до  $n$ . Будем обозначать через  $Q_i$  очередь с номером  $i$ . Опишем некоторые виды порядка опроса:

1. Циклический поллинг: сервер посещает все очереди в порядке  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n, Q_1, Q_2, \dots, Q_n, \dots$

2. Адаптивный динамический поллинг: в первом цикле сервер опрашивает очереди от 1 до  $n$ , в следующем цикле он пропускает (не посещает) те очереди, которые были пусты в момент их опроса в первом цикле. Пропущенные очереди далее будут опрашиваться сервером в следующем цикле, и процедура опроса повторяется таким образом, что пустые на момент их опроса очереди не участвуют в следующем цикле опроса. Если же все очереди в цикле опрашивались и оказались пусты, сервер может брать некоторое время на отдых и далее начать опрос всех очередей по циклу как описано выше.
3. Упорядоченный адаптивный динамический поллинг: в первом цикле всем очередям присваивается ранг  $r_i = 0, i = \overline{1 \dots n}$ . Если при опросе очереди  $i$  она пуста, то ее ранг уменьшается на 1, т.е.  $r_i = -1$ . В противном случае ранг этой очереди увеличивается на 1, т.е.  $r_i = 1$ . В следующем цикле сервер опрашивает очереди по порядку убывания их рангов. Если несколько очередей имеют одинаковый ранг, то сервер опрашивает эти очереди в порядке возрастания их номеров. Минимальное значение ранга равно  $-1$ , и если ранг очереди достиг этого значения, то в следующем цикле сервер пропускает эту очередь и увеличивает ранг на 1.

*Дисциплиной обслуживания очереди* называется число заявок, которое обслуживает сервер за одно посещение очереди. В данной работе рассмотрены две популярные дисциплины:

1. Исчерпывающая дисциплина: сервер обслуживает заявки до тех пор, пока очередь не опустеет.
2. Шлюзовая дисциплина: сервер обслуживает лишь те заявки, которые находились в очереди в момент ее опроса.

## 2. Имитационное моделирование системы поллинга

Для моделирования систем поллинга с адаптивным опросом используем OMNeT++ Discrete Event Simulator. В данной работе рассмотрена система с одним сервером и  $n = 6$  очередями типа  $M/M/1$  (см рис. 1). Время обслуживания заявок не зависит от номера очереди и распределено экспоненциально с параметром 10 000. Предполагаем, что потоки заявок в очереди простейшие. Интенсивности потоков заявок в первые три очереди эквивалентны и равны 1000, а интенсивность поступления заявок в три следующие очереди (с номерами 4–6) изменяется от 1 до 1500. Время переключения сервера между очередями распределено экспоненциально с параметром 1000.

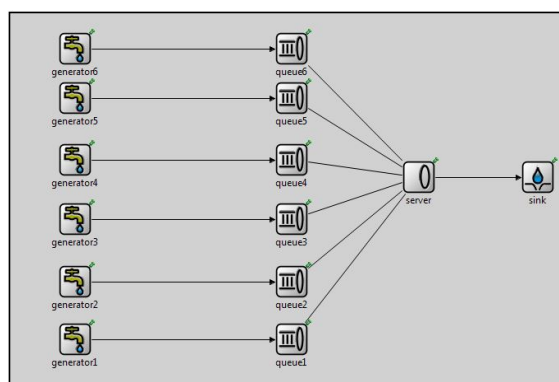


Рис. 1. Модель поллинга для шести очередей

Результаты имитационного моделирования показывают, что время пребывания заявок в системе при исчерпывающей дисциплине меньше чем время пребывания при шлюзовой дисциплине для всех трёх видов порядка опроса (см рис. 2, 3 и 4). Когда интенсивность входного потока меняется от 1 до 1500, доля пропущенных циклов в системе с адаптивным

динамическим поллингом и с упорядоченным адаптивным динамическим поллингом меняется от 0,49 до 0.

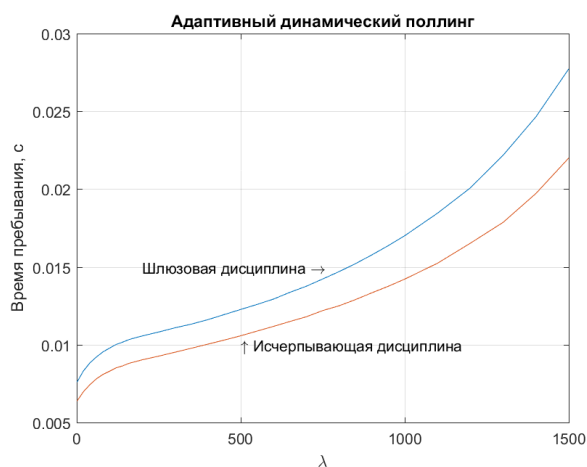


Рис. 2. Адаптивный динамический опрос

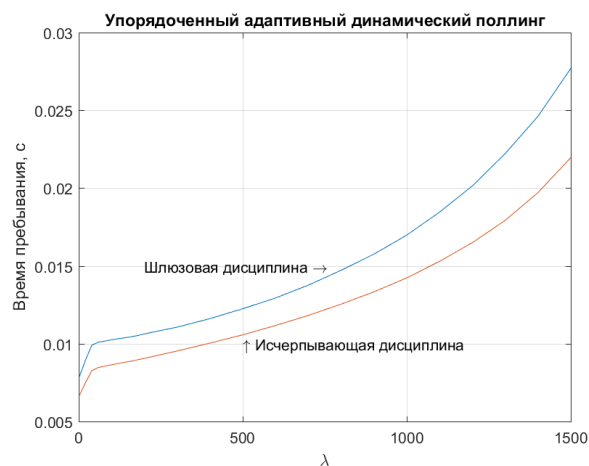


Рис. 3. Упорядоченный адаптивный динамический опрос

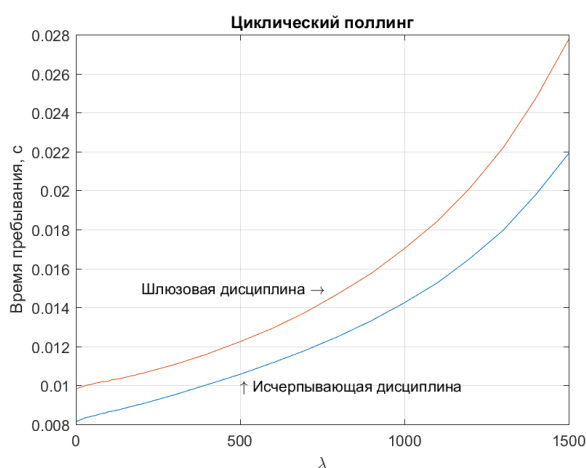


Рис. 4. Циклический опрос

Когда интенсивность входного потока в последних трех очередях меняется от 1 до 1500, загрузка всей системы меняется от 0.3 до 0.75, при этом доля пропущенных циклов для каждой из очередей меняется от 0.49 до нуля при адаптивном динамическом и упорядоченном адаптивном динамическом опросе. При загрузке системы больше 0.75 программа имитационного моделирования не позволяет получить результаты расчетов за разумное время, при этом заметим, что при интенсивности входных потоков у последних трех очередей больше 300, среднее время пребывания для всех видов опроса практически совпадает. Этот результат прямо следует из определения адаптивного динамического опроса.

Для системы с шлюзовой дисциплиной обслуживания заявок преимущество среднего времени пребывания при адаптивном опросе составляет 29,3% (27,8%, соответственно, при исчерпывающем обслуживании очередей) по сравнению с обычным циклическим опросом, если в системе есть очереди с очень малой загрузкой. Для рассматриваемой системы упорядоченный адаптивный опрос дает преимущество в 2,8% по сравнению с адаптивным опросом (3,9% при исчерпывающем обслуживании очередей). А упорядоченный адаптивный опрос в свою очередь снижает среднее время пребывания в системе на

25,8% по сравнению с циклическим опросом (см. рис. 5) и на 22,9% при исчерпывающем обслуживании (см. рис. 6).

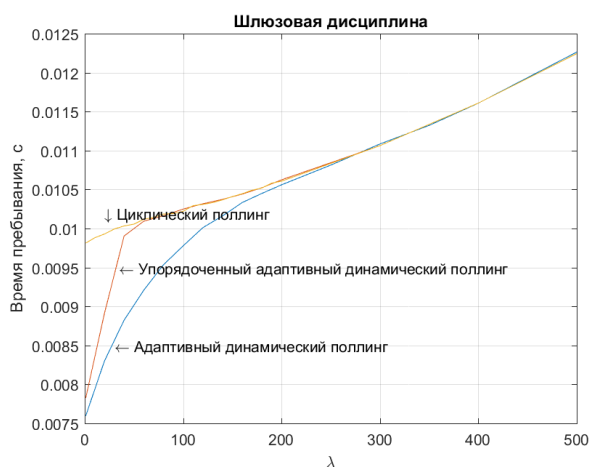


Рис. 5. Шлюзовая дисциплина

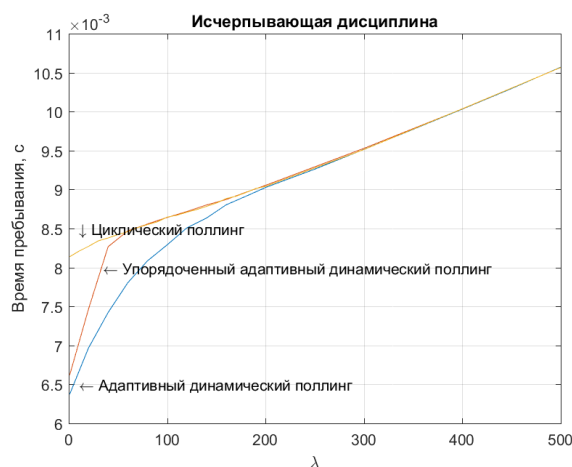


Рис. 6. Исчерпывающая дисциплина

### 3. Заключение

В работе представлены некоторые результаты имитационного моделирования системы поллинга с циклическим порядком опроса очередей и двумя адаптивными его разновидностями. Показано, что в некоторых случаях адаптивные механизмы опроса очередей могут дать существенное снижение среднего времени пребывания заявки в системе в случае, если некоторые из очередей имеют относительно низкую загрузку, и не имеют смысла в системах, все очереди которых имеют большую загрузку. Таким образом, адаптивные политики опроса могут быть более оптимальными с точки зрения средних времен пребывания в системе.

### Литература

1. Вишневецкий В.М., Семёнова О.В. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях. М.: Техносфера, 2007. 312 с.
2. OMNeT++ Discrete Event Simulator «OMNeT++ Simulation Manual Version 4.6».

### References

1. Vishnevsky V.M., Semenova O.V. Polling Systems: theory and applications in broadband wireless network. M.: Technosphere, 2007. 312 p.
2. OMNeT++ Discrete Event Simulator «OMNeT++ Simulation Manual Version 4.6».

Поступила в редакцию 13.04.2018