

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ПОЛЛИНГА С ГРУППОВЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ МЕТОДОМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В.Х. Нгуен

Московский физико-технический институт

Россия, 141700, Московская обл., Долгопрудный, Институтский пер., 9

E-mail: hieu.nguyen@phystech.edu

Ключевые слова: система поллинга, групповое обслуживание, машинное обучение

Аннотация: В данном исследовании рассмотрены системы циклического поллинга с применением метода машинного обучения. Рассмотрены случаи исчерпывающей и шлюзовой дисциплин обслуживания. Набор данных для обучения модели получен на основе результатов имитационного моделирования. В заключении работы показано, что результаты, полученные с использованием метода машинного обучения, соответствуют результатам, полученным с помощью имитационного моделирования.

1. Введение

В беспроводных сетях, особенно в сетях Wi-Fi стандарта IEEE 802.11, часто возникает проблема, известная как проблема скрытого узла. Для решения этой проблемы одним из эффективных методов является использование системы (модели, механизма) поллинга. По определению, система поллинга представляет собой систему, состоящую из N очередей, обозначаемых как Q_1 до Q_N , и одного общего сервера.

Сервер выбирает очередь для обслуживания на основе порядка опроса, при этом наиболее распространенным является циклический порядок: сервер обслуживает очереди от первой до последней, а затем возвращается к первой. Время, необходимое серверу для обслуживания от Q_1 до Q_N , называется циклом. В любой момент времени сервер может обслуживать только одну очередь.

В системе поллинга сервер может узнать информацию о количестве заявок в очереди только в момент завершения подключения к ней (момент опроса). После подключения сервер обслуживает эту очередь в соответствии с дисциплиной обслуживания, представляющей собой количество заявок, обслуживаемых сервером в очереди за одно посещение.

Несмотря на широкое исследование системы поллинга [1–4] в последние десятилетия, в этих работах рассматривался только случай, когда сервер обслуживает заявки индивидуально, в то время как система поллинга с групповым обслуживанием изучена гораздо меньше [5, 6].

В данной работе рассматривается метод машинного обучения для анализа систем циклического поллинга с групповой дисциплиной обслуживания.

2. Анализ системы методом машинного обучения

Рассмотрим систему поллинга, состоящую из одного сервера и N ($N \geq 2$) очередей от Q_1 до Q_N . Входящие потоки заявок в очереди являются пуассоновскими потоками с параметром λ_i для Q_i , где i принадлежит интервалу от 1 до N . Время обслуживания групп заявок в Q_i и время переключения сервера к Q_i имеют экспоненциальное распределение с параметрами b_i и s_i соответственно. Загрузка ρ_i очереди Q_i представляет собой вероятность обслуживания этой очереди. Общая

загрузка системы определяется как $\rho = \sum_{i=1}^N \rho_i$.

Один из наиболее популярных методов исследования систем поллинга – имитационное моделирование. В данной работе имитационная модель построена на платформе OMNeT++ 6.0.1. На рис. 1 и рис. 2 показаны зависимости времени моделирования T от загрузки системы ρ при случаях исчерпывающего и шлюзового обслуживания. Количество очередей N в системе варьируется от 2 до 20.

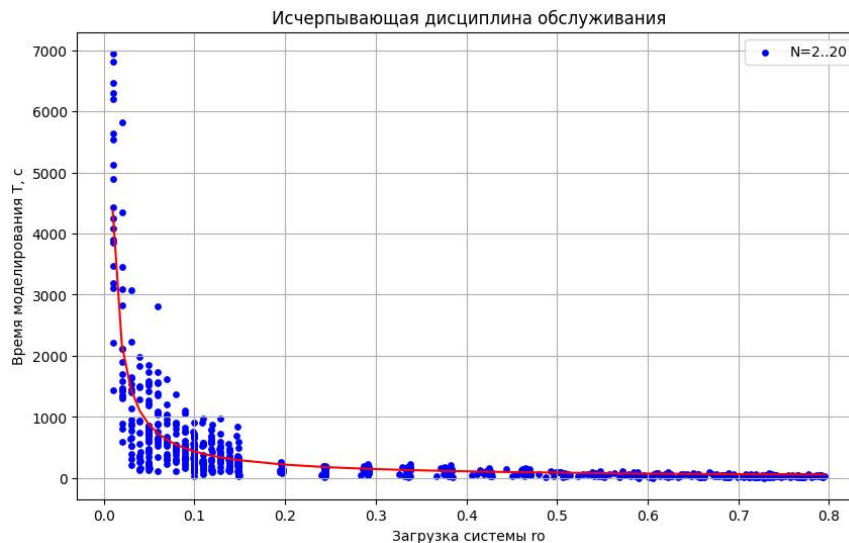


Рис. 1. График зависимости времени моделирования T от загрузки системы ρ при случае исчерпывающего обслуживания

Из рис. 1 и рис. 2 видно, что время моделирования относительно быстро уменьшается при высокой загрузке системы (от 5 минут до нескольких секунд при загрузке более 20%). Однако при постепенном снижении загрузки системы время моделирования быстро увеличивается, превышая 2 часа для каждого моделирования. Этот недостаток преодолевается методом машинного обучения, где расчет результатов практически мгновенен – от миллисекунд до нескольких секунд – и стабилен, независимо от значения входного параметра.

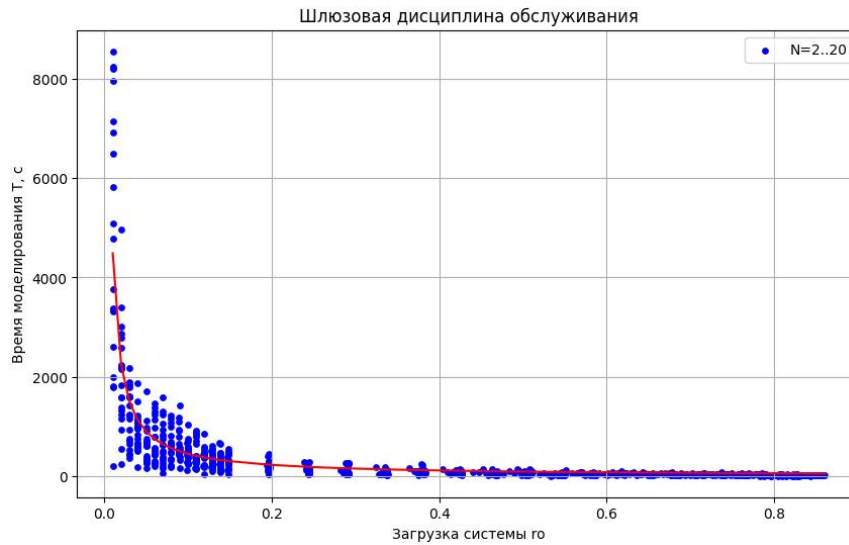


Рис. 2. График зависимости времени моделирования T от загрузки системы ρ при случае шлюзовой обслуживания

Модель нейронной сети в данной работе включает 2 скрытых слоя, каждый из которых содержит 10 нейронов. Для обучения этой модели использовался набор данных, полученный методом имитационного моделирования.

Позволяя модели изучить входные параметры, мы получаем характеристики производительности системы на выходе модели, такие как средняя длина каждой очереди, среднее время ожидания заявок в каждой очереди и в системе в целом, среднее время цикла и так далее. Модель нейронной сети дает результаты с относительно небольшими ошибками по сравнению с результатами, полученными при имитационном моделировании (менее 1%), при этом среднее время расчета результата составляет 1 секунда. Таким образом, можно сделать вывод, что метод машинного обучения значительно улучшил применимость модели поллинга в задачах реального времени.

3. Заключение

В данной работе были исследованы системы поллинга с групповым обслуживанием, применяя метод машинного обучения. Набор данных для обучения нейронной сети был сформирован на основе результатов имитационного моделирования. После завершения процесса обучения, данная модель продемонстрировала результаты, практически идентичные тем, которые были получены в ходе имитационного моделирования, однако с заметно большей скоростью.

Список литературы

1. Takagi H. Analysis of polling systems. MIT press, 1986.

2. Вишнеvский В.М., Семенова О.В. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях. М.: Техносфера, 2007.
3. Borst S., Boxma O. Polling: past, present, and perspective // Top, 2018. Vol. 26. P. 335–369.
4. Vishnevsky V., Semenova O. Polling Systems and Their Application to Telecommunication Networks // Mathematics. 2021. Vol. 9, No. 2. P. 117.
5. Boxma O., Wal J.V.D., Yechiali U. Polling with batch service // Stochastic Models. 2008. Vol. 24, No. 4. P. 604–625.
6. Dorsman J.L., Van der Mei R.D., Winands E.M.M. Polling systems with batch service // OR Spectrum. 2012. Vol. 34, No. 3. P. 743–761.