

УДК 004

Ф. А. Муршед, Н. К. Нурiev

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С РАВНОМЕРНЫМ ЗАКОНОМ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Ключевые слова: имитационное моделирование, дискретно-событийное моделирование, система массового обслуживания, интернет, беспроводная сеть, AnyLogic.

В данной работе построена имитационная модель управляющего блока беспроводной сети, функционирующей в образовательной среде, модель построена на основе дискретно-событийного моделирования. Целью работы является оценить эффективность работы беспроводной сети при различных значениях ее основных параметров, изучение взаимосвязь между основными параметрами системы, выявить оптимальный режим работы системы в различных условиях.

Keywords: simulation modeling, discrete-event modeling, queuing system, internet, wireless network, AnyLogic.

In this paper we built a simulation model the control unit of wireless network functioning in an education area, the model is constructed on the basis of discrete-event simulation. The goal of the work is to evaluate the efficiency of wireless network at various values of its main parameters, study the interrelation between the main parameters of the system, find up the optimal mode of the system in the various conditions.

В сфере телекоммуникаций и информационных технологий, основным средством, позволяющим оценить эффективность систем является имитационным моделированием. Имитационное моделирование применяется в многих разных сферах и существуют разные направления имитационного моделирования такие как системная динамика, агентное моделирование, дискретно-событийное моделирование. В сфере компьютерных сетей доминирует дискретно-событийной подход моделирования, его ключевая особенность состоит в том, что состояние имитационной модели может изменяться только в дискретные моменты времени, которые именуется событиями. Причиной успеха дискретно-событийного имитационного моделирования в компьютерных сетях является, с одной стороны, что парадигма моделирования очень хорошо вписывается в рассматриваемых системах, а с другой стороны дискретно-событийное моделирование легко применяется. Таким образом, дискретно-событийное имитационное моделирование обеспечивает простой и гибкой способ, чтобы оценить системы и изучить их поведение в различных условиях. Еще одним важным аспектом имитационного моделирования является повторяемость, т.е. различные конструкции могут быть оценены по точно таким же параметрам среды [1].

В данной работе будем использовать дискретно-событийной подход для построения имитационной модели функционирования блок-администратора (управляющего блока) беспроводной сети в образовательном учреждении. Основная функция блока администратора заключается в управлении и организации подключений пользователей к сети интернета. Когда пользователь подключается к беспроводной сети, первоначально маршрутизатор перенаправляет запрос на управляющий блок (рис. 1) для получения разрешения на подключение к сети интернета.

Управляющий блок разрешит пользователю подключаться к сети интернета, если текущее количество подключенных пользователей не превышает

максимальное количество разрешенных одновременно подключений, в ином случае, запрос на подключение будет размещен в очередь, в ожидании освобождения места [2, 3, 4].



Рис. 1 – Диаграмма беспроводной сети с управляющим блоком

При получении пользователю разрешения на подключение к сети интернета, управляющий блок создает идентификатор для данного пользователя, в котором будет храниться разрешенный период времени пребывания пользователя в сети интернета.

Управляющий блок генерирует период времени пребывания в сети подключенным пользователям по равномерному закону. При приближении разрешенного периода времени к окончанию, управляющий блок уведомляет пользователю о скором окончании его времени. Если количество подключенных одновременно пользователей меньше максимального разрешенного количества, или очередь ожидающих подключения пуста, то управляющий блок может автоматически продлить пользователю время пребывания в сети.

Равномерное распределение времени обслуживания применяется также в некоторых системах поллинга или системах упорядоченного опроса. Системы поллинга являются разновидностью систем массового обслуживания с несколькими очередями и обслуживающим сервером (или с несколькими серверами). Обслуживающие сервера посещают

очереди и обслуживают заявки в них по заданным правилам (это может быть по равномерному распределению). В настоящее время, системы поллинга широко используются в телекоммуникации и применяются для исследования широкополосных беспроводных сетей WiFi [5].

Модель построена в имитационной среде AnyLogic. AnyLogic- это современная среда разработки и исследования имитационных моделей, разработана компанией «TheAnyLogicCompany» на основе современных концепций в области информационных технологий и результатов исследований в теории гибридных систем и объектно-ориентированного моделирования. AnyLogic разработана на языке Java и охватывает три основных направления имитационного моделирования: дис-

кретно-событийное, агентное, и системной динамики [6, 7, 8].

Данная система представляется собой многоканальная система массового обслуживания с ограниченной очередью, и является видом класса M/G/c, это система, в которой либо время между поступлениями заявок, либо время их обслуживания (но не обо) распределены не по экспоненциальному закону распределения [9, 10]. Для нашей системы, поток поступающих запросов с интенсивностью λ , время пребывания пользователя в сети (время обслуживания) распределено по равномерному распределению с интервалом времени [min, max] минут. На рисунке 2 показана логическая схема системы.



Рис. 2 – Логическая схема системы

Блок source генерирует запросы согласно заданной интенсивности и передает их на блок queue, который играет роль буфера сервера (очередь), если блок server свободен или количество текущих подключений не больше максимального, то запрос сразу переходит в блок server не стоя в очередь. Дисциплина обслуживания является FIFO (первый пришел первый вышел). Блок server играет роль управляющего блока, время обслуживания запросов (разрешенное время пребывания в сети пользователю) распределено по равномерному распределению $uniform[min, max]$.

В таблице 1 внесены результаты выполнения имитационной модели для предлагаемой системы, модель запускалась под разными конфигурациями, т.е. разные значения параметров. Основными параметрами системы, которые сильно влияют на поведение системы, являются интенсивность входящих запросов λ в минуту, интервал разрешенного времени пребывания в сети $\Delta [min, max]$ в минутах, количество допустимых одновременно подключений к сети N , и вместимость очереди C (емкость буфера сервера). Были проведены 12 экспериментов, время выполнения каждого эксперимента 5 часов.

Рассмотрим полученные результаты (таблица 1) проведенных экспериментов и влияние каждого параметра на поведение системы.

В эксперименте 1, при интенсивности входящих запросов 1 запрос в минуту, в систему поступили 279 запросов из них 276 запроса пребывали в сети со средним временем пребывания в сети 30.062 минут, средняя длина очереди при этом составляет 1.878 запрос. Среднее время, потраченное пользователями (запросом) находя в системе (со самого входа в систему до выхода из нее) составляет 32.164 мин., на рисунке 3 представлен график времени пребывания в сети, времени нахождения в очереди и времени пребывания в системе для данного эксперимента.

При увеличении интенсивности поступающих запросов в два раза больше (эксперимент 2) или в четыре раза больше (эксперимент 3), не заменяя при этом интервал времени или количество одновременных подключений, замечаем значительное увеличение средней длины очереди и среднего времени пребывания в системе, и вероятность пребывания пользователя в сети сильно сокращается, 0.676 и 0.634 для экспериментов 2 и 3 соответственно.

Таблица 1 – Результаты выполнения имитационной модели

№	Параметры	Количество поступающих заявок	Вероятность получения доступа в сеть	Средняя длина очереди	Среднее время пребывания в сети, мин.	Среднее время пребывания в системе, мин.	Показатель использования сервера
1	$\lambda=1$ $\Delta=(20,40)$ $N=30$ $C=100$	279	0.99	1.878	30.062	32.164	0.875
2	$\lambda=2$ $\Delta=(20,40)$ $N=30$ $C=100$	408	0.676	79.576	29.72	87.764	0.969
3	$\lambda=4$ $\Delta=(20,40)$ $N=30$ $C=100$	411	0.634	92.776	29.899	101.147	0.984
4	$\lambda=1$ $\Delta=(20,30)$ $N=30$ $C=100$	290	0.998	0.516	24.864	25.214	0.775
5	$\lambda=1$ $\Delta=(10,20)$ $N=30$ $C=100$	305	1	0	14.755	14.755	0.485
6	$\lambda=1$ $\Delta=(10,15)$ $N=30$ $C=100$	305	1	0	12.387	12.387	0.408
7	$\lambda=2$ $\Delta=(10,15)$ $N=40$ $C=100$	609	1	0	12.428	12.43	0.619
8	$\lambda=4$ $\Delta=(10,15)$ $N=40$ $C=100$	1057	0.874	75.997	12.514	34.258	0.98
9	$\lambda=4$ $\Delta=(10,15)$ $N=50$ $C=100$	1223	0.979	15.149	12.503	16.067	0.968
10	$\lambda=4$ $\Delta=(15,25)$ $N=50$ $C=100$	857	0.8	85.937	19.996	50.915	0.977
11	$\lambda=2$ $\Delta=(15,25)$ $N=50$ $C=100$	605	0.998	0.199	19.875	19.982	0.769
12	$\lambda=2$ $\Delta=(20,30)$ $N=40$ $C=100$	575	0.831	53.723	24.99	50.318	0.961

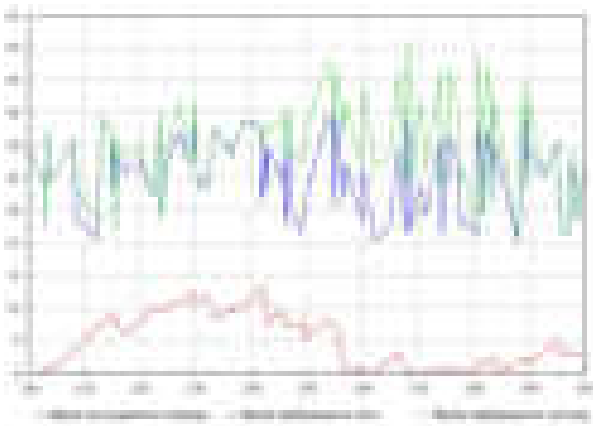


Рис. 3 – Временные графики эксперимента 1

Естественно при такой сильной интенсивности показатель использования сервера ближе к максимальному значению, 0.969 и 0.984 для экспериментов 2 и 3 соответственно. Также очередь практически все время заполнена, это заставляет следующих приходящих пользователей отказаться войти в систему, в которой вероятность того, что они пребудут в сети не больше 68%, именно поэтому количество входящих в систему запросов не так велико, как должно быть. На рисунке 4 представлен график времени пребывания в сети, времени нахождения в очереди и времени пребывания в системе для эксперимента 2.

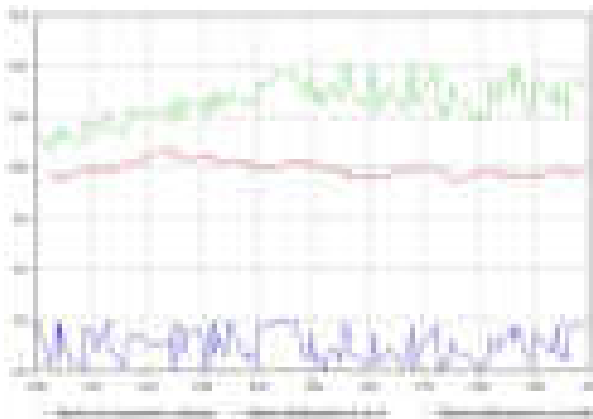


Рис. 4 – Временные графики эксперимента 2

В экспериментах 4, 5 и 6 мы постепенно сократили среднее время пребывания в сети, 24.864, 14.755 и 12.387 мин. соответственно, интенсивность входящих запросов во всех экспериментах 1/мин., количество допустимых одновременно подключений $N=30$ и вместимость очереди $C=100$. Полученные результаты показали, что при коротком времени пребывания в сети, средняя длина очереди уменьшается практически до нуля, следовательно, и разница между временем пребывания в сети и общим временем пребывания пользователя в системе уменьшается практически до нуля. При таких значениях среднего времени пребывания в сети вероятность того, что пользователи будут получать доступ в сети интернет (правда, на короткое время) высока, 99.8%, 100% и 100% в экспериментах 4, 5 и 6 соответственно. Наблюдаем еще уменьшение значе-

ния показателя использования сервера до больше половины, в эксперименте 6 почти 59% времени сервер является свободным.

Короткое среднее время пребывания в сети позволяет системе обслуживать почти всех входящих запросов даже при увеличении интенсивности входящих запросов в два раза больше (эксперимент 7). Увеличив количество допустимых одновременно подключений на 33% (эксперимент 7) и на 66% (эксперимент 11) при среднем времени пребывания в сети 12.428 мин. и 19.875 мин. в экспериментах 7 и 11 соответственно, средняя длина очереди остается близка к нулю. Увеличение среднего времени пребывания в сети до 19.875 мин. в эксперименте 11 вызывало увеличение показателя использования сервера до 86.9 %.

В экспериментах 8 и 9 интенсивность входящих запросов $\lambda=4$ / мин., среднее время пребывания в сети в обоих экспериментах 12.5 мин., а также значение показателя использования сервера приближается к максимальному значению, значение средней длины очереди в значительных степенях отличаются, 75.997 и 15.149 в экспериментах 8 и 9 соответственно. Причиной этого великого отличия является увеличения количества допустимых одновременно подключений в эксперименте 9 на 10 подключений больше чем эксперимент 8. Это тоже объясняет, почему пользователи тратят время в очереди больше чем время пребывания в сети. В экспериментах 10 и 12, вероятности пребывания пользователя мало отличаются, 0.8 и 0.831 соответственно, хотя интенсивность входящих запросов в эксперименте 10 в два раза больше чем в эксперименте 12. Основной причиной этого являются значения параметров среднее время пребывания в сети и количество допустимых одновременных подключений N , значение среднего времени пребывания в сети в эксперименте 10 меньше чем в эксперименте 12, и значение параметра N в эксперименте 10 больше.

Заключение

Таким образом, из полученных результатов видно, что параметрами, играющими важнейший роль в функционировании управляющего блока, являются количество допустимых одновременно подключений и среднее время пребывания в сети. Настраивая эти параметры с остальными параметрами таким образом, чтобы разница между временем пребывания в сети и временем пребывания в системе, была очень малой, а значит и значение средней длины очереди тоже будет близко к нулю, можно считать, что система работает в оптимальном режиме.

Литература

1. Klaus Wehrle, Mesut Güneş, James Gross, Modeling and Tools for Network Simulation. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 545 с.
2. Ахметшин Д.А., Курмангалиев Д.Р., Концепция использования промежуточных сетей передачи данных при организации публичного доступа в сеть интернет. Вестник Казан. технол. ун-та, 2011, №24. С. 56-58.
3. Ахметшин Д.А., Печеный Е.А., Нуриев Н.К., Математическое и имитационное моделирование работы системы беспроводной передачи данных с вырожденным по-

током обслуживания. Вестник Казан. технол. ун-та, 2014. Т. 17, №10. С. 216-220.

4. Ахметшин Д.А., Старцева Ю.Г., Якимов И.М., Нуриев Н.К., Аналитическое и имитационное моделирование работы системы организации беспроводного доступа в интернет через промежуточный блок администрирования. Вестник технол. ун-та, 2015. Т. 18, №20. С. 227-230.
5. Вишневский В., Семенова О., Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях. –Москва: Техносфера, 2007.-312с.
6. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем: учеб. пособие-Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2015. – 135 с.

7. Кариов Ю., Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. –СПб.Ж БХВ-Петербург. 2005. -400с.
8. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic. Вестник Казан. технол. ун-та, 2014. Т. 17, №13 . С. 352-357.
9. Leonard Kleinrock, Queuing systems, Volume I: Theory. Wily-Interscience, 1975. —417 с.
10. Leonard Kleinrock, Queuing systems, Volume II: Computer Applications. Wily-Interscience, 1976. —576 с.

© **Ф. А. Мурshed**, асп. каф. Информатики и прикладной математики КНИТУ, murshedfa@gmail.com; **Н. К. Нуриев**, д.п.н., проф., зав. кафедры информатики и прикладной математики КНИТУ, nurievnk@mail.ru;

© **F. A. Murshed**, PhD student in KNRTU, Department of computer science and applied mathematics, murshedfa@gmail.com; **N. K. Nuriev**, Doctor of pedagogical science, Professor, Chair of Computer science and applied mathematics department, KNRTU, nurievnk@mail.ru.