ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЛОКАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

УДК 004.94

ЛЕПА Евгений Владимирович
к.т.н., доцент кафедры информационных технологий
Херсонского национального технического университета,
Научные интересы: системы принятия и поддержки решений,
технологии интеллектуального анализа данных, моделирование.
e-mail: e.lepa@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование локальной компьютерной сети (ЛКС) позволяет определить характеристики сети, сетевое оборудование, топологию и предусмотреть перспективу развития сети. В значительной мере моделирование позволяет оптимизировать как стоимость разрабатываемой сети, так и модернизацию ее в будущем [1,2].

При построении аналитических моделей часто выполняются значительные упрощения моделируемой системы, что может в значительной мере привести к низкой адекватности модели. Для сложных моделей возникает необходимость выполнения большого объема вычислений. Поэтому аналитическое моделирование применяется для узкого круга задач и чаще носят демонстративный характер. Кроме того, аналитические модели дают возможность использовать их для оценки моделей, полученных другими методами (тестирования).

В настоящее время широко применяется имитационное моделирование, при котором исследуемые процессы носят случайный характер и трудно предсказуемы. Для исследования таких процессов, т.е. проведения моделирования, необходим вычислительный эксперимент (имитация) при заданных исходных данных. При большом количестве таких экспериментов и соответствующей их статистической обработке, можно получить достаточно объективные параметры моделируемого процесса (объекта).

При имитационном моделировании реальная система разбивается на ряд достаточно малых (в функциональном отношении) элементов или модулей. Затем поведение исходной системы имитируется как поведение совокупности этих элементов путем установления соответствующих взаимосвязей между ними. Вычислительная реализация такой модели начинается с входного элемента, далее проходит по всем элементам, пока не будет достигнут выходной элемент модели [3].

Имитационное моделирование особенно эффективно для систем массового обслуживания, в виде которых можно представить локальные компьютерные сети.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе рассматривается имитационная модель локальной компьютерной сети, которая включает сервер и рабочие

станции (РС) [4,5]. Рабочие станции принимают запросы от пользователей и обеспечивают их передачу на сервер для обработки. Каждая рабочая станция имеет свою очередь, длина которой ограничена и может быть изменена. Если очередь рабочей станции заполнена не полностью, то вновь пришедшая заявка становится в очередь. В противном случае она не попадает в систему и ей будет отказано в обслуживании.

Заявки из очередей рабочих станций поступают на сервер с несколькими каналами обслуживания. Из очередей рабочих станций выбирается заявка, которая раньше всех поступила в очередь. Если все каналы сервера заняты, то она остается в очереди, но имеет возможность через определенное время попытаться попасть в сервер на обслуживание. Время обслуживания заявок, пришедших с рабочих станций, может быть разным. Таким образом, необходимо определить характеристики ЛКС, изменяя закон распределения интервалов времени между поступающими в систему заявками и закон распределения длительности обслуживания, также длину очереди рабочих станций.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

На языке моделирования GPSS World [6] разработана модель ЛКС. GPSS (General Purpose Simulation System) – общецелевая система имитационного моделирования (СИМ), предназначенная для разработки моделей сложных систем с дискретным и непрерывным характером функционирования и проведения экспериментов с целью изучения свойств и закономерностей процессов, протекающих в них, а также выбора наилучшего проектного решения [7].

Среди множества реализаций GPSS, одной из наиболее доступных и популярных является GPSS World для работы на персональных компьютерах под управлением ОС Windows. GPSS World обладает удобным многооконным пользовательским интерфейсом, встроенными средствами визуализации и интерактивного управления процессом моделирования, обширной библиотекой встроенных процедур, включающей, в том числе, генераторы случайных величин для различных вероятностных распределений. Все это делает процесс моделирования эффективным и наглядным [8,9].

В модели генерация заявок, обслуживание сервером, а также повторное обращение к серверу при его занятости происходят по экспонентному закону (простейший поток). Для всех рабочих станций параметры закона генерации заявок будут одинаковыми. Обслуживание заявок независимо от того от какой рабочей станции она пришла, также происходит по экспонентному закону с одинаковыми параметрами.

При исследовании модели предполагается изменение параметров используемых потоков, а именно, среднего значения (интенсивности). Производится фиксация основных характеристик сервера, очередей и загрузки локальной сети.

Результаты моделирования представлены в отчете системы GPSS World, фрагмент которого приведен на рисунке 1.

Фрагмент отчета содержит все необходимые данные для анализа работы локальной компьютерной сети при заданных параметрах моделирования.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
QW5	1	0	2843	2764	0.050	0.506	18.215	0
QW4	1	0	2799	2721	0.049	0.506	18.142	0
QW7	1	0	2767	2690	0.049	0.506	18.182	0
QW1	1	0	2774	2699	0.048	0.501	18.542	0
PROCESSED	22218	22218	22218	0	11001.855	14261.114	14261.114	0
QW3	1	0	2720	2653	0.042	0.444	18.036	0
QW6	1	0	2743	2676	0.042	0.444	18.168	0
QW8	1	0	2784	2714	0.044	0.458	18.233	0
QW2	1	0	2791	2721	0.043	0.443	17.665	0
REFUGEE	1048	1048	1048	0	489.064	13439.925	13439.925	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
SERVER	8	5	0	8	22221	1	3.847	0.481	0	0

SAVEVALUE	RETRY	VALUE
BB8	0	2975.000
BB6	0	2956.000
BB5	0	2918.000
BB1	0	2903.000
BB4	0	2834.000
BB3	0	2854.000
BB7	0	2916.000
BB2	0	2913.000

Рисунок 1 – Фрагмент отчета моделирования

В первом столбце отчета после **QUEUE** перечисленные все имена очередей. При построении модели имена **QW1 – QW8** присвоены очередям рабочих станций. Очереди с именами **PROCESSED** и **REFUGEE** использованы для определения количества обслуженных заявок и отклоненных соответственно. После слова **STORAGE** указанное имя сервера.

Переменные **BB1-BB8** показывают количество заявок (запросов), которые приходят на рабочие станции. Как отмечалось раньше, в модель вводится ограничения на длину очереди для рабочих станций. В рассмотренной модели она равняется единице. Таким образом, если приходит запрос на рабочую станцию, а в очереди стоит она заявка, то заявка пришедшая заявка оставляет систему.

Из восьми каналов обслуживания, максимально было занято **8** каналов, минимально **0** каналов, средняя занятость каналов равная **5**. Через сервер прошло **22221** заявок. К моменту окончания моделирования сервер был свободен. Среднее время обработки одной заявки **3,847 с**. Средняя загрузка сервера **0,481.**

При известном общем количестве заявок пришедших на рабочие станции и обслуженных заявок от каждой станции, можно определить количество заявок, которым отказано в обслуживании из-за превышения длины очереди рабочих станций. Результаты приведены в таблице 1.

Из таблицы видно, что при одних и тех же параметрах генерации заявок и длине очередей РС процент необслуженных заявок на рабочих станциях примерно одинаковые. При заданных характеристиках модели процент отказов в обслуживании заявок равен 4,5%. Если необходимо снизить этот процент, то нужно выяснить факторы, от которых он зависит.

К таким факторам, прежде всего, относится длина очереди рабочих станций. В модель вводится ограничение на длину очереди, которая была одинаковой на всех рабочих станциях и равнялась единице. Поэтому, если заявка приходила на РС и

очередь была занята (уже одна заявка в ней находилась), то она покидала сеть и оказывалась необслуженной. Для уменьшения количества отказов, можно увеличить длину очереди для одной из рабочих станций, например для шестой на единицу.

Таблица 1

Характеристика обслуживания заявок при длине очереди 1

Номер РС	Пришло заявок	Обслужено заявок	Не обслужено заявок	Процент потерь заявок
1	2903	2774	129	4,4
2	2913	2791	122	4,2
3	2834	2720	114	4,0
4	2956	2799	157	5,3
5	2975	2843	132	4,4
6	2854	2743	111	3,9
7	2918	2767	151	5,2
8	2916	2784	132	4,5
Всего	2903	2774	129	4,4
Средний процент не обслуженных заявок				4,5

При анализе результатов моделирования было определено, что средний процент отказов заявкам в обслуживании уменьшился на 0,1%. При этом резко уменьшился процент отказов для шестой РС. Она других рабочих станциях наблюдается даже некоторое увеличение процента отказов в обслуживании за счет более высокой скорости вступления заявок от шестой РС. Из вышесказанного следует вывод, что для уменьшения процента отказов в обслуживании заявок, необходимо, прежде всего, увеличить длины очередей рабочих станций. Пусть эта для всех рабочих станций длина очереди будет одинаковой и равна двум. Результаты моделирования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика обслуживания заявок при длине очереди 2

Номер РС	Пришло заявок	Обслужено заявок	Не обслужено заявок	Процент потерь заявок
1	2893	2864	29	1,0
2	2820	2816	4	0,1
3	2956	2945	11	0,4
4	2916	2901	15	0,5
5	2871	2855	16	0,6
6	2927	2909	18	0,6
7	2878	2857	21	0,7
8	2903	2894	9	0,3
Всего	23164	23041	123	
Средний процент не обслуженных заявок				0,5

Наблюдается резкое уменьшение количества отказов в обслуживании заявкам сервером, которое равно 0,5 процента.

Длина конкретной очереди может зависеть от степени значимости запросов на рабочих станциях. Так при высокой

значимости запроса, длина очереди соответствующей рабочей станции должна быть увеличена. Кроме того, таким запросам (заявкам) может быть предоставлен более высокий приоритет при их обслуживании.

Вторым фактором, влияющим на работу локальной компьютерной сети, является закон распределения длительности обслуживания заявок сервером. Сохраним длину очередей для всех рабочих станций, равной единице, но станем изменять среднее значение (математическое ожидание) случайной величины, распределённой по экспоненциальному закону. Вначале уменьшится это значение только для обработки заявок от одной из рабочих станций. Анализ результатов моделирования представлен в таблице.

Таблица 3

Характеристика обслуживания заявок при повышении скорости обслуживания заявок одной PC

Номер PC	Пришло заявок	Обслужено заявок	Не обслужено заявок	Процент потерь заявок
1	2961	2851	110	3,7
2	2903	2832	71	2,4
3	2998	2898	100	3,3
4	2948	2837	111	3,8
5	2813	2709	104	3,7
6	2947	2866	81	2,7
7	2899	2782	117	4,0
8	2928	2841	87	3,0
Всего	23397	22616	781	
Средний процент не обслуженных заявок				3,3

Анализ показывает, что даже уменьшение времени обслуживания заявок с одной рабочей станции, позволяет уменьшить процент отказов приблизительно на 30% (см. табл.1). Кроме того, уменьшается и количество отказов для заявок каждой рабочей станции, потому что сервер быстрее покидают заявки от рабочей станции с более высокой скоростью обслуживания. При этом заявки с остальных рабочих станций быстрее могут попасть на сервер.

В дальнейшем, скорость обслуживания заявок была увеличена на двух рабочих станциях, трех и так далее до восьми. Процент не обслуженных заявок плавно снижался и при восьми рабочих станциях он равен нулю. Диаграмма, характеризующая указанную зависимость, представлена на рисунке 2.

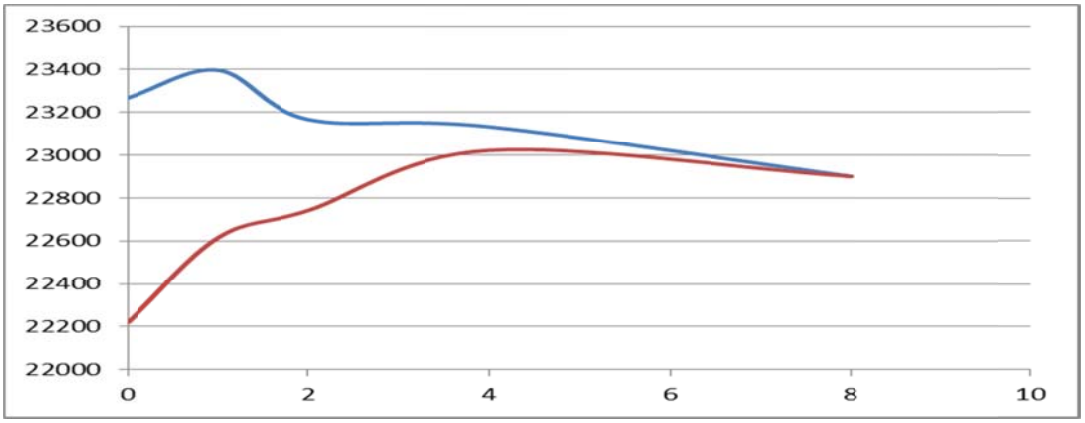

Рисунок 2 – Диаграмма соотношения генерированных и обслуженных заявок

Верхняя кривая определяет общее количество генерированных заявок всеми рабочими станциями, а нижняя – общее количество обслуженных заявок.

Таким образом, можно подобрать параметры работы сети так, чтобы обеспечить определенный процент отказов в обслуживании, как для всей локальной сети, так и для отдельных рабочих станций.

В работе получены количественные значения основных параметров компьютерной сети как системы массового обслуживания [10]. В модели изменяются отклонения от среднего времени обслуживания заявок сервером на одну единицу модельного времени при каждом испытании модели. Результаты моделирования представлены в таблице.

Таблица 4

Результаты анализа моделирования

Обработанные	Пропущенные	Средн.вр.обр.	Коэф.загр.	Мин.ожид.	Макс.ожид.	Мин.(0)	Max(0)
22218	1048	3.847	0.481	0.443	0.506	17.665	18.215
21290	1921	4.419	0.552	0.792	0.935	17.944	18.635
20228	2893	4.878	0.610	1.223	1.557	19.020	19.767
19027	4250	5.294	0.662	1.952	2.501	19.402	20.426
17979	5048	5.571	0.696	2.597	2.960	19.851	21.401
16841	6255	5.829	0.729	3.496	4.013	20.875	22.095
15977	7060	6.070	0.759	4.133	4.661	21.015	22.278

Анализ показывает, как изменяются характеристики работы ЛКМ при повышении времени обслуживания заявок сервером. В таблице представлены значения таких характеристик работы ЛКС как системы массового обслуживания:

- обработанные заявки;
- пропущенные заявки (отказано в обслуживании);
- среднее время обработки одной заявки сервером;
- коэффициент загрузки сервера;
- минимальное время ожидания заявки в очереди;
- максимальное время ожидания заявки в очереди;
- минимальное время ожидания заявки в очереди без учета заявок с нулевым временем ожидания;
- максимальное время ожидания заявки в очереди без учета заявок с нулевым временем ожидания.

Для обеспечения заданных характеристик проектируемой ЛСК, необходимо провести ряд других испытаний модели с разными исходными данными, максимально приближенными к реальным. Это относится, прежде всего, к выбору законов распределения интервалов времени между поступающими в систему заявками и длительности их обслуживания [5].

ВЫВОДЫ

Разработана имитационная модель локальной компьютерной сети в системе моделирования GPSS World. Получены количественные характеристики работы ЛКС как системы массового обслуживания. Предложены пути дальнейших исследований для построения сетей с оптимальными параметрами функционирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Sovetov B.YA., YAkovlev S.A. Modelirovanie sistem: Uchebnik dlya vuzov. – 4- e izd., ster. – M.: Vysshaya shkola, 2005. – 343 s.
2. Semenenko M.G. Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie. M.: SOLON-R, 2002. – 112 s.
3. Kudryavcev E.M. GPSS World. Osnovy imitacionnogo modelirovaniya razlichnyh sistem. – M.: DMK Press, 2003. – 320 s.
4. Stolings V. Sovremennye komp'yuternye seti. – SPb.: Piter, 2003.– 783 s.: il.
5. Aliev T.I. Osnovy modelirovaniya diskretnyh sistem. – SPb: SPbGU ITMO, 2009.–363 s.
6. SHrajber T.Dzh. Modelirovanie na GPSS. – M.: Mashinostroenie, 1980.
7. Boev V. D. Modelirovanie sistem. Instrumental'nye sredstva GPSS World. -Sankt-Peterburg:BHV-Sankt-Peterburg, 2004 g. - 368 s.
8. Brazhnik A.N. Imitacionnoe modelirovanie: Vozmozhnosti GPSS World. – SPb.: Renome, 2006. – 439 s.
9. Aseev A. A., Boev V. D., Kuleshov I. A., Sechenev D. M. Osnovy modelirovaniya sistem svyazi i avtomatizacii na GPSS/PC: Ucheb. posobie. - SPb.: VUS, 2000. - 230 s.
10. Rukovodstvo pol'zovatelya po GPSS World. /Perevod s anglijskogo/. – Kazan': Izd-vo «Master Lajn», 2002. – 384 s.

Рецензент: д.т.н., проф. Ходаков В.Е.,
Херсонский национальный технический университет.