

УДК 681.3

Ю.Г. Шаталова, доцент, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Россия, 99053

E-mail: volnajulia@mail.ru

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТРЕХУРОВНЕВОЙ АРХИТЕКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ И ЕЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В СРЕДЕ ANYLOGIC

По построенной с помощью сетей Петри-Маркова модели организации взаимодействия клиентов и распределенной базы данных на основе сервера приложений строится имитационная модель в среде ANYLOGIC. С помощью имитационной модели проводится анализ поведения системы при меняющихся характеристиках потока заявок.

Ключевые слова: *сеть Петри-Маркова, распределенная база данных, сервер приложений, среда ANYLOGIC.*

Статья посвящена исследованиям, относящимся к организации распределенных баз данных (РБД). В основе работы РБД лежит концепция «клиент-сервер». В открытых системах клиенты и сервер располагаются на различных компьютерах. Запросы к базе поступают случайным образом от удаленных пользователей. Поэтому на распределенную систему накладываются дополнительные задачи: провести идентификацию поступающих запросов, проверить возможность обработки запроса, передать пользователю сообщение в случае неудачи обработки с объяснением причины. При этом важно так распределить функции системы между ресурсами различных компьютеров, входящих в систему РБД, чтобы максимальным образом использовать их потенциал.

Одним из возможных подходов к построению системы взаимодействия клиента и сервера в распределенных базах данных является использование модели сервера приложений (трехуровневой модели). Обоснование использования именно этой модели приведено в [1].

По трехуровневой архитектуре организации взаимодействия клиентов с распределенной базой данных разработана модель на основе сети Петри-Маркова [1]. Однако построенная модель дает возможность оценить только достижимость состояний, а для более полной оценки характеристик системы необходимо построение и исследование имитационной модели.

Целью данной работы является построение на основе сети Петри-Маркова имитационной модели в среде ANYLOGIC, проведение исследования поведения системы РБД в условиях изменяющихся характеристик и анализ полученных результатов.

Для построения модели на основе трехуровневой архитектуры требуется определить:

- оптимальное количество серверов приложений для обработки запросов со стороны клиента;
- количество клиентских запросов, обработка которых гарантирована;
- дополнительную задержку запроса на сервере приложений;
- количество резервных серверов (выход из строя одного из серверов приложений не должен повлиять на работу системы).

Для расчета оптимального количества серверов воспользуемся статистическими данными и формулами, используемыми при расчете в системах массового обслуживания,

$$\Theta\lambda < NB, \quad (1)$$

где λ — интенсивность потока заявок; Θ — среднее значение трудоемкости выполнения задания; N — количество обрабатывающих устройств; B — быстродействие обрабатывающего устройства.

Аппаратная платформа комплекса будет базироваться на персональном компьютере с процессором Intel Core i3-3220T. Этот процессор двухъядерный с тактовой частотой 2,8 ГГц. Пиковая производительность персонального компьютера может быть рассчитана по формуле (2).

$$B = Fn 4 \cdot 10^{-6}, \quad (2)$$

где F — тактовая частота процессора в мегагерцах; n — число процессоров.

Процессоры Intel за один такт времени могут выполнять до четырех операций.

Тогда по формуле (2) получаем $B = 22,4$ млрд.оп/с.

На систему поступают два типа запросов, характеризующиеся трудоемкостью выполнения и интенсивностью потока заявок, которые изменяются во времени.

Для первого потока: $\lambda_1 = 1 \text{ с}^{-1}$; $\Theta_1 = 1,5$ млрд. оп. Для второго потока запросов: $\lambda_2 = 10 \text{ с}^{-1}$; $\Theta_2 = 500$ млн. оп. По формуле (1) получаем, что для обработки двух потоков запросов достаточно два сервера приложений. Для обеспечения надежности работы системы будем использовать резервный сервер приложений, который при необходимости заменит вышедший из строя основной сервер.

Проведенное исследование, связанное с построением модели системы на основе сети Петри-Маркова, и описание построенной модели приведены в [1]. Построенная сеть Петри-Маркова показана на рисунке 1.

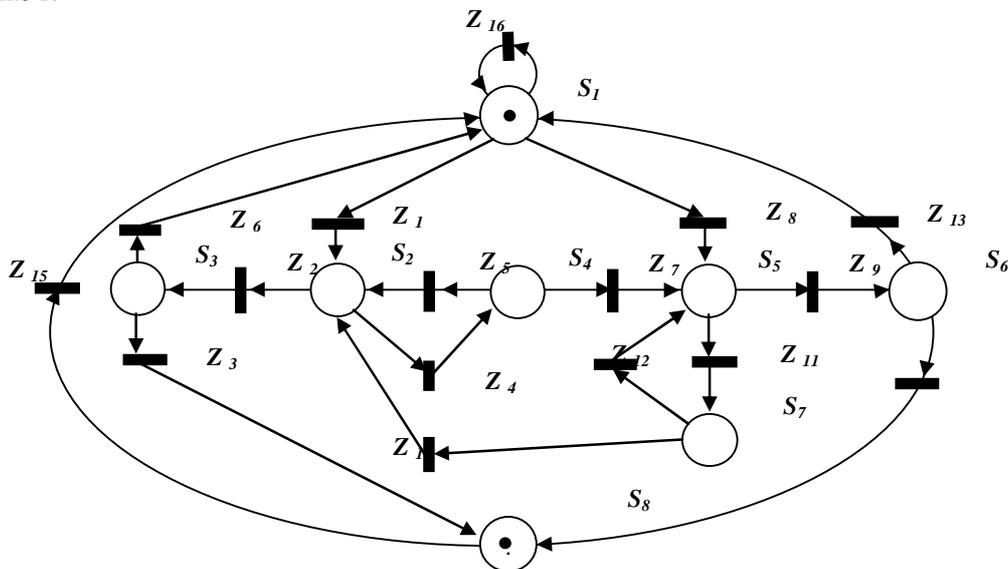


Рисунок 1 — Сеть Петри-Маркова, соответствующая трехуровневой модели сервера приложений с двумя основными серверами

Для исследования возможной задержки на сервере приложений и для проверки гарантированной обработки запросов построим имитационную модель системы.

В системах с распределенными базами данных используются разные технологии распределения данных по узлам сети — фрагментация и тиражирование [2]. При использовании фрагментации единая логическая база данных разбивается на составные части (фрагменты), хранящиеся в разных узлах сети. Разбиение может проводиться по территориальному, функциональному и временному критериям. При использовании тиражирования в нескольких узлах сети создаются и поддерживаются в согласованном состоянии (синхронизируются) копии всей БД или ее фрагментов. Копия базы данных называется репликой. В созданной модели предполагается организация узлов распределенной базы данных технологией тиражирования.

Для построения имитационной модели и проведения экспериментов используется программная среда AnyLogic 6.4.1. AnyLogic — уникальный инструмент имитационного моделирования, поддерживающий на единой платформе все существующие подходы дискретно-событийного и непрерывного моделирования [3]. Инструмент обладает современным графическим интерфейсом и позволяет использовать язык Java для разработки моделей. Кроме того, AnyLogic 6 является кросс-платформенным программным продуктом и работает как под управлением операционной системы Windows, так и под Mac OS и Linux. В связи с вышесказанным, применение среды AnyLogic для построения имитационной модели является целесообразным.

Имитационная модель системы построена на базе элементов Enterprise Library. Библиотека объектов Enterprise Library позволяет создавать гибкие модели с наглядной визуализацией моделируемого процесса и возможностью сбора необходимой статистики.

На рисунке 2 показана имитационная модель в программной среде AnyLogic.

Семантика элементов системы, используемых на рисунке 2, следующая:

- source и source1 — элементы, которые генерируют запросы к системе с заданной интенсивностью;
- selectOutput и selectOutput1 — моделируют переход к резервному серверу приложений в случае отказа и восстановление работы;
- queue, queue1, queue2, queue3 и queue4 — очереди запросов на обслуживание к серверам приложений и серверу баз данных;
- delay1, delay2, delay3 и delay4 — моделируют задержку запроса при его обработке на сервере приложений;
- selectOutput2 и selectOutput3 — моделируют с заданной вероятностью переход к серверу базы данных или к клиенту при неверном выполнении условий запроса на сервере приложений;
- sink, sink1, и sink2 — моделируют вывод результата запроса на сторону клиента или ошибку при его исполнении;

— service — моделює роботу сервера додатків і звернення до розподіленої бази даних.;
 — resourcePool — моделює розподілену базу даних з заданим кількістю серверів бази даних.

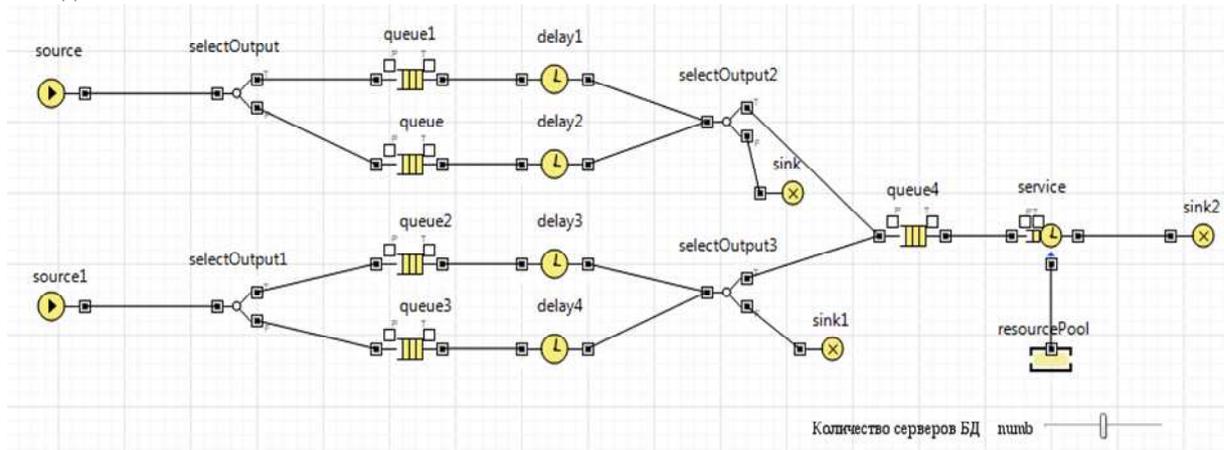


Рисунок 2 — Імітаційна модель в середі AnyLogic 6

Інтенсивність запитів, генерованих source і source1, $\lambda_1 = 1 \text{ c}^{-1}$ і $\lambda_2 = 10 \text{ c}^{-1}$ відповідно. Вероятність вихода сервера додатків із строю оцім як 20%, так як крім вихода із строю процесора необхідно так же учитивати надійність мережевого обладнання і другі фактори.

На основі побудованої імітаційної моделі були проведені експерименти, в яких змінювалось число поступаючих заявок, інтенсивність надходження заявок, число робоспособних серверів і другі характеристики. Розглянемо результати експериментів.

Одною із характеристик системи являється гарантоване обслуговування всіх клієнтських запитів. Для перевірки даного умовія було произведено несколько експериментів, результати котрих представлені в таблиці 1.

По отриманним експериментальним даним видно, що всі запити, поступивші в систему, будуть гарантовано обслуговані.

Таблиця 1 — Результати проведення експериментів по оцінці числа запитів

Номер експеримента	Общее число сгенерированных запитів	Общее число запитів обробланих системою	Число запитів, находящихся на оброботку на серверах
1	68 031	68 028	3
2	67 648	67 648	0
3	67 674	67 674	0
4	67 463	67 460	3
5	67 681	67 681	0

В соответствии со статистическими даними, получена зависимость длины очереди на оброботку к серверам додатків от интенсивности потока $\lambda_1 = 1 \dots 14 \text{ c}^{-1}$ (см. рисунок 3, а) и $\lambda_2 = 10 \dots 56,5 \text{ c}^{-1}$ (см. рисунок 3, б). Из рисунка 3, а видно, что очередь запитів первого типа на оброботку к серверу додатків при интенсивности $\lambda_1 = 1 \dots 5 \text{ c}^{-1}$ остается неизменной и равна нулю. Таким образом, запити, поступивші с такой интенсивностью, будут оброботаны без ожидания в очереди. При интенсивности запитів $\lambda_1 > 11 \text{ c}^{-1}$ наблюдается резкое увеличение длины очереди, что негативно сказывается на работе модели. Длина очереди резервного сервера додатків остается неизменной, только при $\lambda_1 = 14 \text{ c}^{-1}$ наблюдается небольшое увеличение длины очереди. Аналогично на рисунке 3, б представлена зависимость длины очереди от изменения интенсивности запитів второго типа $\lambda_2 = 10 \dots 56,5 \text{ c}^{-1}$. Длина очереди к основному серверу додатків не изменяется в диапазоне $\lambda_2 = 10 \dots 27 \text{ c}^{-1}$. При интенсивности поступающих запитів $\lambda_2 > 30 \text{ c}^{-1}$ длина очереди возрастает, а значительное ее увеличение наступает при $\lambda_2 > 46 \text{ c}^{-1}$. Длина очереди на оброботку запитів к резервному серверу додатків на протяжении всего времени работы модели остается неизменной и запити, которые поступили на оброботку в резервный сервер, не задерживаются в очереди. Следующая группа экспериментов проводилась для исследования загрузки серверов.

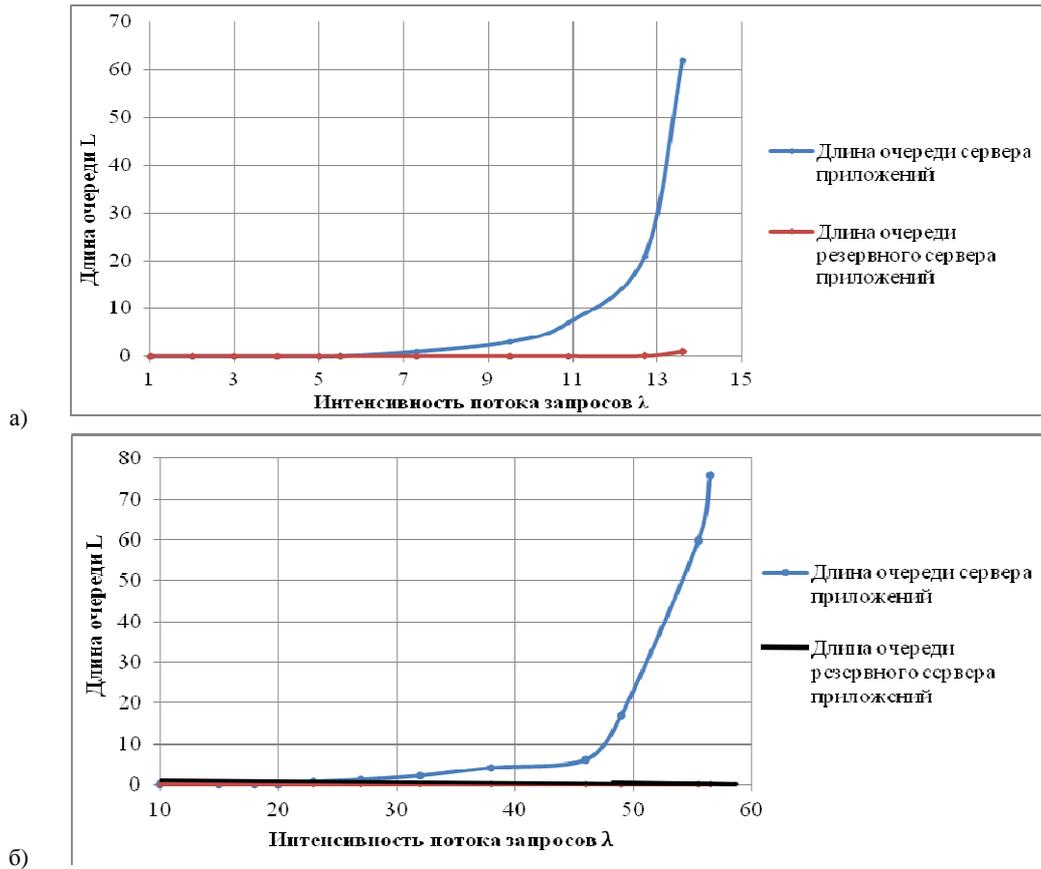


Рисунок 3 — Зависимости длины очереди L от интенсивности поступления запросов:
а) $\lambda_1 = 1 \dots 12 \text{ с}^{-1}$; б) $\lambda_2 = 10 \dots 60 \text{ с}^{-1}$

На рисунке 4,а изображена зависимость загрузки сервера приложений от изменения интенсивности потока запросов для $\lambda_1 = 1 \dots 12 \text{ с}^{-1}$, а на рисунке 4 (б) — для $\lambda_2 = 10 \dots 60 \text{ с}^{-1}$.

Видно, что загрузка основного сервера приложений с увеличением интенсивности поступающих запросов первого вида (см. рисунок 4,а) возрастает и при значении $\lambda_1 = 10 \text{ с}^{-1}$ достигает значения $P = 1$. Значительное увеличение загрузки происходит при $\lambda_1 > 5 \text{ с}^{-1}$. Загрузка резервного сервера приложений возрастает при $\lambda_1 > 3 \text{ с}^{-1}$. Загрузка основного сервера приложений с увеличением интенсивности потока запросов второго вида (см. рисунок 4,б) увеличивается и при $\lambda_2 = 60 \text{ с}^{-1}$ загрузка $P = 1$. Загрузка резервного сервера приложений возрастает и при $\lambda_2 = 60 \text{ с}^{-1}$ достигает максимального значения $P = 0,276$.

Также на основании полученных экспериментальных данных были рассчитаны следующие характеристики модели. Средняя загрузка системы $p = (\lambda T_{об})/K$, где λ — интенсивность поступления запросов, $T_{об}$ — время обработки запроса на одном сервере приложений, K — количество серверов приложений. $P = 0,88$ запросов/мин. Средняя длина очереди $L = 0,175$. Среднее число запросов в системе $M = L + Pk$, $M = 1,9$. Время ожидания $T_{ож} = L/\lambda$, $T_{ож} = 0,2$ мин. Среднее время пребывания запроса в системе $T_{пр} = T_{обс} + T_{ожид}$, где $T_{обс}$ — среднее время обслуживания запроса на серверах приложений, $T_{ожид}$ — среднее время ожидания в очередях системы. $T_{пр} = 2,43$ мин.

Таким образом, задержка запроса на промежуточном уровне составляет 2,43 мин, что вполне удовлетворительно, так как при исследованной интенсивности потока длина очереди к серверу базы данных составляет около трех запросов и время ожидания равно 3,75 мин.

В заключение отметим, что цель работы достигнута: построена имитационная модель трехуровневой архитектуры организации взаимодействия клиентов и распределенной базы данных, исследованы ее характеристики.

На основании анализа характеристик можно сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

1. При интенсивности поступления запросов первого типа не превышающей 8 с^{-1} и второго типа не превышающей 45 с^{-1} для обеспечения стационарного режима работы и гарантированного обслуживания запросов достаточно двух серверов приложений, при этом среднее время ожидания не превышает 0,2 мин, общее время задержки запроса на промежуточном сервере составляет 2,43 мин.

2. При возрастании интенсивности поступления запросов, число серверов приложений должно быть увеличено для обеспечения стационарного режима работы системы, а также должен быть применен дополнительный сервер базы данных.

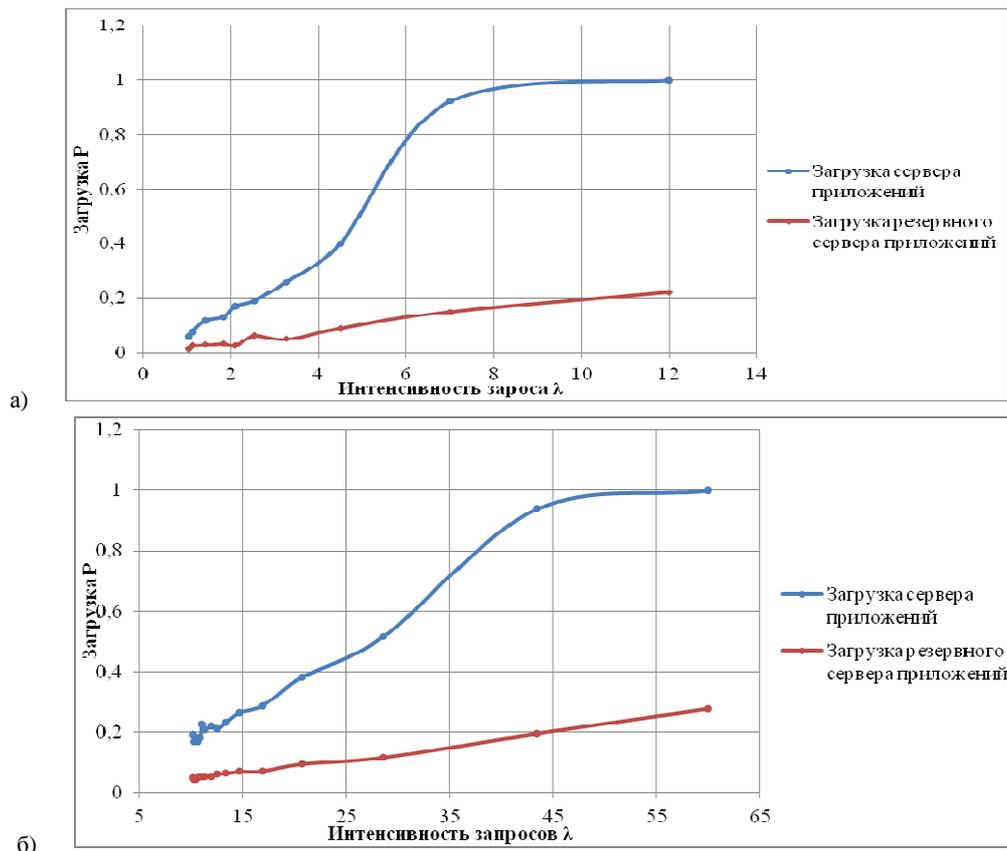


Рисунок 4 — Зависимость загрузки сервера приложений P от интенсивности поступающих заявок: а) $\lambda_1 = 1 \dots 12 \text{ c}^{-1}$; б) $\lambda_2 = 10 \dots 60 \text{ c}^{-1}$

3. Использование трехуровневой архитектуры ускоряет предварительную обработку запросов к РБД, разгружает сервер базы данных и не вызывает неоправданной задержки запросов на промежуточном уровне.

4. Использование двух и более серверов приложений позволяет повысить надежность работы системы и обеспечить гарантированную обработку запросов при выходе из строя одного из серверов.

В дальнейшем предполагается исследовать поведение модели взаимодействия клиентов с распределенной базой данных, основанной на технологии репликации.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Шаталова Ю.Г. Моделирование процесса обработки запросов к распределенной базе данных с использованием сети Петри-Маркова / Ю.Г. Шаталова // Вестник СевНТУ. Сер. Информатика, електроніка, зв'язок: сб. науч. тр. — Севастополь, 2012. — Вып. 131. — С. 67–72.

2. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных / К.Дж. Дейт. — М.: Вильямс, 2001. — 1072 с.

3. Мезенцев К.Н. Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1: учеб. пособие / К.Н. Мезенцев. — М.: МАДИ, 2011. — 103 с.

Поступила в редакцию 15.04.2014 г.

Шаталова Ю.Г. Розробка імітаційної моделі тривірвнєвої архітектури розподіленої бази даних та її дослідження в середовищі ANYLOGIC

На основі мережі Петрі-Маркова будується імітаційна модель обраної архітектури в AnyLogic. Досліджуються характеристики моделі.

Ключові слова: мережа Петрі-Маркова, сервер додатків, ANYLOGIC.

Shatalova J.G. Development of simulation model three-level architecture distributed database and its study on environment ANYLOGIC

Model of interaction of clients and distributed database are analyzed. The choice of a three-level model, and the simulation model in AnyLogic for study the characteristics of the model are elaborated.

Keywords: Petri – Markov nets, distributed database, application server, ANYLOGIC.