

Design Automation Conf. 1979. P. 156-161. **12.** Larsson E., Peng Z. A Behavioral-Level Testability Enhancement Technique // IEEE European Test Workshop. Constance.– Germany. 1999. **13.** Larsson E., Peng Z. Testability Analysis of Behavioral-Level VHDL Specifications // IEEE European Test Workshop.– 1998. **14.** Flottes M. L., Pires R., Rouzeyre B. Analyzing Testability from Behavioral to RT Level // Proc. European Design&Test Conf. 1997. P.158-165. **15.** Zdenek Kotasek, Richard Ruzicka, Josef Strnadel, Jan Hlavicka. Interactive Tool for Behavioral Level Testability Analysis // Proceedings of the IEEE ETW2001.- Stockholm.- SE. 2001. P. 117-119.

Поступила в редколлегию 20.09.2007

Хаханов Владимир Иванович, декан факультета КИУ, доктор технических наук, профессор кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: проектирование и тестирование цифровых систем. Увлечения: футбол, горные лыжи, путешествия. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326. E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua

Каминская Марина Александровна, аспирантка кафедры АПВТ ХНУРЭ, инженер по тестированию компании ИП «Интспей-Украина». Научные интересы: тестопригодное проектирование, моделирование и верификация цифровых систем на кристаллах. Увлечения: литература, музыка. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021326. E-mail: maryna4329@kture.kharkov.ua.

Зайченко Сергей Александрович, аспирант кафедры АПВТ ХНУРЭ, начальник отдела разработки компании Aldec-Kharkov Ltd. Научные интересы: системы автоматизированного проектирования, моделирования и верификации цифровых систем на кристаллах. Увлечения: литература, музыка, футбол. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (097)-367-62-93. E-mail: Sergei.Zaychenko@aldec.com.

УДК 004.652

В.В. ЕВСЕЕВ, Ю.В. ШОВКОПЛЯС, Н.В. САМОЙЛЕНКО

МОДЕЛИРОВАНИЕ РБД С ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОПОЛОГИЕЙ

Рассматривается задача моделирования распределенных баз данных (РБД) с произвольной топологией, а также его аналитические и имитационные методы. Описываются результаты, которые подтверждают эффективность использования данных методов в зависимости от различных исходных данных. Даются рекомендации по дальнейшему использованию предложенных методов моделирования.

Введение

В настоящее время в связи с использованием РБД в различных технических, экономических и социальных системах, имеющих разные топологические структуры, топология самих РБД может также существенно варьироваться. Можно выделить следующие основные топологические структуры РБД: полносвязную, ячеистую, шинную, структуру «звезда» и кольцевую [1]. Таким образом, актуальной является задача формализации процесса моделирования распределенных баз данных независимо от их топологической структуры в реальных условиях функционирования, т.е. в условиях, предполагающих отказы оборудования, линий связи, случайный характер возникновения запросов пользователей.

1. Постановка задачи

Для различных топологических структур РБД принято разрабатывать различные математические модели, отличающиеся как необходимой исходной информацией об РБД, так и методами моделирования [2]. В данном исследовании предполагается разработка моделей РБД с произвольной топологией. Это обусловлено тем, что такой подход позволяет создать достаточно универсальные модели, описывающие широкий класс РБД.

Модели функционирования РБД предназначены для количественного описания зависимостей между параметрами, определяющими объемно-временные характеристики потоков входной информации, основные качественные характеристики РБД [3], эффективность преобразования входных потоков информации в выходные. В настоящее время применяются в основном имитационные и аналитические методы моделирования РБД [4].

Имитационные методы обычно представляются в виде специального алгоритма, воспроизводящего элементарные составляющие процесса функционирования объекта с сохранением их логической последовательности и последовательности протекания во времени. Основным достоинством имитационных методов является возможность описания с их помощью РБД практически любой сложности. Аналитическая модель представляется в виде совокупности математических формул и выкладок. Среди достоинств аналитических методов можно выделить их высокую точность и то, что при достаточно высокой сложности моделируемой РБД их использование позволяет существенно снизить аппаратные и временные затраты на моделирование [5].

Для получения основных показателей эффективности функционирования РБД по ряду причин целесообразно применять теоретико-вероятностные методы, в частности методы теории массового обслуживания [6].

Цель работы – провести сравнение имитационных и аналитических методов моделирования РБД с произвольной топологией, используя для описания РБД методы теории массового обслуживания.

Задачи: построить математические модели РБД с произвольной топологией, применяя имитационное и аналитическое моделирование и рассматривая РБД в виде системы массового обслуживания; разработать программное средство реализации полученных моделей и провести сравнительный анализ используемых математических моделей с помощью разработанного программного средства.

2. Разработка аналитической модели

Если узлы распределенной базы данных интерпретировать как обслуживающие приборы, а пользовательские запросы – как обслуживаемые заявки, то РБД можно представить в виде многолинейной многофазной (сетевой) системы массового обслуживания. Известно, что теория многофазных СМО в настоящее время развита лишь фрагментарно. В связи с этим при решении практических задач соответствующую многофазную СМО в большинстве случаев рассматривают как совокупность независимых однофазных систем, как это сделано, например, в работе [3]. Исходя из этого утверждения, в разрабатываемой многофазной системе массового обслуживания все операционные характеристики будут рассчитываться в отдельности для каждой из тех однофазных систем, на которые можно декомпозировать исходную многофазную систему, а затем для всей системы будут вычисляться усредненные значения этих характеристик, являющихся, по сути, показателями эффективности всей многофазной системы.

В качестве основных показателей эффективности функционирования СМО будем рассматривать [6]: L_S - среднее число заявок на обслуживание, находящихся в системе; L_q - среднее число заявок на обслуживание, находящихся в очереди; W_S - средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в системе; W_q - средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в очереди. Для однофазных систем между L_S и W_S (как и между L_q и W_q) существует строгая взаимосвязь [7], так что, зная числовые значения одной из этих величин, можно легко найти значение другой величины. В частности, если частота поступлений в систему заявок на обслуживание (интенсивность поступления требований) равняется λ , то имеем:

$$L_S = \lambda W_S, L_q = \lambda W_q.$$

Если средняя скорость обслуживания заявок равняется μ , то справедливы следующие соотношения:

$$W_S = W_q + 1/\mu; L_S = L_q + \lambda/\mu;$$

Пусть $\rho = \lambda/\mu < 1$, тогда справедливы следующие зависимости [6]:

$$L_S = \rho/(1-\rho), W_S = L_S/\lambda = 1/[\mu(1-\rho)] \quad (1)$$

$$L_q = L_S - \lambda/\mu = \rho^2/(1-\rho), W_q = L_q/\lambda = \rho/[\mu(1-\rho)] \quad (2)$$

Отсюда очевидно, что для определения основных операционных характеристик СМО (или показателей качества функционирования РБД) достаточно информации лишь о частоте поступлений заявок на обслуживание в систему, скорости их обслуживания и о структуре РБД [8]. Как правило, эти исходные данные задаются исследователем при моделировании.

Известно, что для описания непрерывных стохастических моделей в виде типовых математических схем используют Q-схемы [9] (рис. 1).

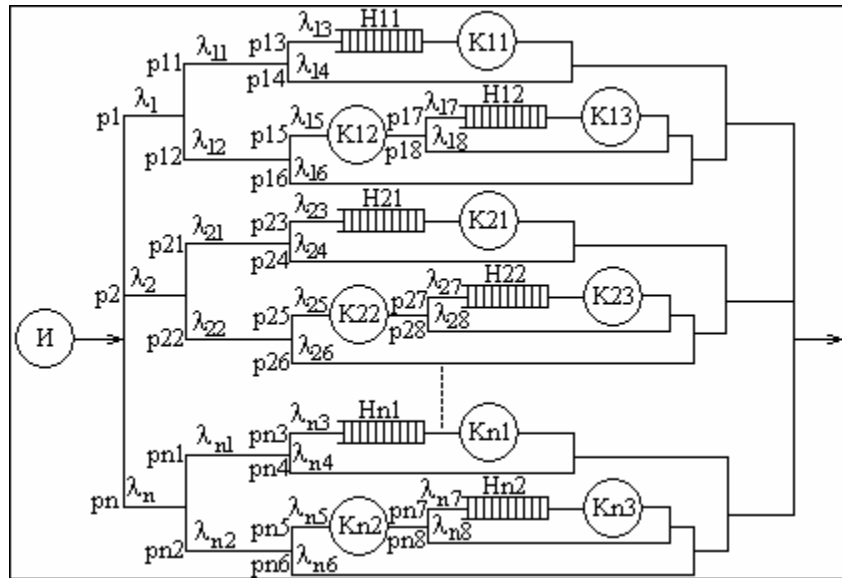


Рис. 1. Q-схема модели

Составляющие Q-схемы: И – источник заявок; К – каналы обслуживания.

Пусть T – количество узлов РБД; f_T – количество оптимальных маршрутов между T -м узлом-источником и всеми остальными узлами; V_{fT} – количество линий связи на пути следования запроса из T -го узла-источника в удаленный узел; K_{n1} ($n=1, \dots, T$) – процесс обслуживания запроса в n -м узле-источнике; K_{n2} ($n=1, \dots, T$) – процесс передачи запроса по линиям связи от n -го узла; K_{n3} ($n=1, \dots, T$) – процесс обслуживания в удаленном узле запроса, возникшего в n -м узле; H – накопители (очереди заявок); P_n ($n=1, \dots, T$) – вероятности

возникновения запроса на n -м узле ($\sum_{n=1}^T P_n = 1$). Вводится допущение о том, что вероятности

возникновения запросов на каждом из узлов равны, т.е. $P_n = \frac{1}{K}, n=1, \dots, T$; P_{n1} ($n=1, \dots, T$) – вероятность того, что запрос будет удовлетворен в узле-источнике; P_{n2} ($n=1, \dots, T$) – вероятность того, что запрос не будет удовлетворен в узле-источнике; P_{n3} ($n=1, \dots, T$) – вероятность безотказной работы n -го узла-источника; P_{n4} ($n=1, \dots, T$) – вероятность выхода из строя n -го узла-источника при поступлении на него запроса (задается при моделировании); P_{n5} ($n=1, \dots, T$) – средняя вероятность безотказной работы всех линий связи на маршруте движения запроса из n -го узла-источника до удаленного узла; P_{n6} ($n=1, \dots, T$) – средняя вероятность потери запроса из-за отказа линии связи при передаче его из n -го узла-источника в удаленный узел, содержащий необходимый файл; P_{n7} ($n=1, \dots, T$) – вероятность безотказной работы n -го удаленного узла; P_{n8} ($n=1, \dots, T$) – вероятность выхода из строя n -го удаленного узла (задается при моделировании); λ_n ($n=1, \dots, T$) – интенсивность входного потока заявок в СМО, описывающей работу n -го узла; λ_{n1} ($n=1, \dots, T$) – интенсивность входного потока заявок в СМО, описывающей работу n -го узла-источника; λ_{n2} ($n=1, \dots, T$) – интенсивность потока заявок, возникающего в результате передачи запроса из n -го узла-

источника в удаленный узел; λ_{n3} ($n=1, \dots, T$) – интенсивность входного потока заявок в СМО, описывающей обработку запросов в n -м узле-источнике; λ_{n4} ($n=1, \dots, T$) – интенсивность потока заявок, возникающего в результате отказов оборудования n -го узла-источника; λ_{n5} ($n=1, \dots, T$) – интенсивность входного потока заявок в СМО, описывающей передачу запросов по линиям связи к удаленному узлу, в который был переслан запрос из n -го узла-источника; λ_{n6} ($n=1, \dots, T$) – интенсивность потока заявок, возникающего в результате выхода из строя линий связи, по которым осуществляется передача запроса к удаленному узлу; λ_{n7} ($n=1, \dots, T$) – интенсивность входного потока заявок в СМО, описывающей обработку запросов в удаленном узле, в который был переслан запрос из n -го узла-источника; λ_{n8} ($n=1, \dots, T$) – интенсивность потока заявок, возникающего в результате выходов из строя удаленного узла, в который был переслан запрос из n -го узла-источника.

Пусть L_n – количество файлов в каждом конкретном узле, M – количество всех видов файлов, которые могут располагаться в узлах РБД.

Тогда справедливы следующие соотношения:

$$P_{n1} = \frac{L_n}{M}, n = \overline{1, T}; P_{n2} = 1 - \frac{L_n}{M} = 1 - P_{n1}, n = \overline{1, T}; P_{n3} = 1 - P_{n4}, n = \overline{1, T};$$

$$P_{n5} = 1 - P_{n6} = 1 - \frac{1}{T} \sum_{m=1}^T \left[\frac{1}{f_T} \sum_{j=1}^{f_T} \left(1 - \prod_{i=1}^{v_{fj}} (1 - P_{\text{отк.}i}) \right) \right], n = \overline{1, T};$$

$$P_{n6} = \frac{1}{T} \sum_{m=1}^T \left[\frac{1}{f_T} \sum_{j=1}^{f_T} \left(1 - \prod_{i=1}^{v_{fj}} (1 - P_{\text{отк.}i}) \right) \right], n = \overline{1, T}; P_{n7} = 1 - P_{n8}, n = \overline{1, T};$$

где $P_{\text{отк.}i}$ ($i=1, \dots, V_{fT}$) – вероятность выхода из строя i -й линии связи f -го маршрута из узла T (вероятности выхода из строя каждой из линий связи задаются при моделировании).

Зная интенсивность входного потока заявок λ , рассчитаем интенсивности входных потоков заявок для каждой из однофазных СМО, на которые можно декомпозировать исходную многофазную СМО, изображенную на рис. 1.

Интенсивность входного потока заявок в СМО, описывающей работу n -го узла, можно рассчитать по формуле: $\lambda_n = \lambda P_n, n = \overline{1, T}$; интенсивности входных потоков частных СМО $\lambda_{n1} \dots \lambda_{n8}$ могут быть рассчитаны по следующей формуле: $\lambda_{nj} = \lambda_n P_{nj}, n = \overline{1, T}; j = \overline{1, 8}$; где j – номер соответствующей однофазной СМО, на которые разбивается многофазная система.

Пусть μ_{n1} ($n=1, \dots, T$) – скорость обслуживания заявок в каналах, имитирующих обработку запросов в n -м узле-источнике (в данной работе принимается допущение о равном объеме всех запросов). Эта величина задается при моделировании;

μ_{n3} ($n=1, \dots, T$) – скорость обслуживания заявок в каналах, имитирующих обработку запросов в удаленном узле, в который был переслан запрос из n -го узла-источника. Данная величина задается при моделировании.

Пусть V_φ – установленный объем запросов (Кб); μ_{n2} ($n=1, \dots, T$) – скорость передачи запросов по линиям связи до удаленного узла, содержащего необходимый файл. Эта величина может быть вычислена по формуле:

$$\mu_{n2} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{V_\varphi}{S_i}}, n = \overline{1, T},$$

где S_i – скорость передачи информации (Кб/с) по i -й линии связи маршрута между n -м узлом-источником и удаленным узлом, содержащим необходимый файл (данная величина задается при моделировании).

Имея информацию о частотах поступлений заявок на обслуживание в однофазные системы λ и о скоростях обслуживания заявок в этих системах, рассчитаем операционные характеристики каждой из однофазных СМО, а затем операционные характеристики всей рассматриваемой многофазной СМО.

Пусть L_{Sn1} – среднее число заявок на обслуживание, находящихся в системе, описывающей обработку запросов в n -м узле-источнике; W_{Sn1} – средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в системе, описывающей обработку запросов в n -м узле-источнике.

Тогда по формуле (1) рассчитаем значения этих величин:

$$\rho_{n1} = \lambda_{n3} / \mu_{n1} = \lambda_{n1} P_{n3} / \mu_{n1} = \lambda_n P_{n1} P_{n3} / \mu_{n1} = \\ = \lambda P_n P_{n1} P_{n3} / \mu_{n1} = \lambda \frac{1}{K} \frac{L_n}{M} (1 - P_{n4}) / \mu_{n1}, n = \overline{1, T};$$

$$L_{Sn1} = \rho_{n1} / (1 - \rho_{n1}), n = \overline{1, T}; \quad W_{Sn1} = 1 / [\mu_{n1} (1 - \rho_{n1})], n = \overline{1, T}.$$

Пусть L_{qn1} – среднее число заявок на обслуживание, находящихся в очереди, для системы, описывающей обработку запросов в n -м узле-источнике; W_{qn1} – средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в очереди, для системы, описывающей обработку запросов в n -м узле-источнике.

Тогда по формуле (2) рассчитаем значения этих величин:

$$L_{qn1} = L_{Sn1} - \lambda_{n3} / \mu_{n1} = \rho_{n1}^2 / (1 - \rho_{n1}); \quad W_{qn1} = L_{qn1} / \lambda_{n3} = \rho_{n1} / [\mu_{n1} (1 - \rho_{n1})], n = \overline{1, T}.$$

Пусть L_{Sn3} – среднее число заявок на обслуживание, находящихся в системе, описывающей обработку запросов в удаленном узле, в который был переслан запрос из n -го узла-источника; W_{Sn3} – средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в системе, описывающей обработку запросов в удаленном узле, в который был переслан запрос из n -го узла-источника.

Тогда по формуле (1) рассчитаем значения этих величин:

$$\rho_{n3} = \lambda_{n7} / \mu_{n3} = \lambda_{n5} P_{n7} / \mu_{n3} = \lambda_{n2} P_{n5} P_{n7} / \mu_{n3} = \lambda_n P_{n2} P_{n5} P_{n7} / \mu_{n1}, n = \overline{1, T};$$

$$L_{Sn3} = \rho_{n3} / (1 - \rho_{n3}), n = \overline{1, T}; \quad W_{Sn3} = 1 / [\mu_{n3} (1 - \rho_{n3})], n = \overline{1, T}.$$

Пусть L_{qn3} – среднее число заявок на обслуживание, находящихся в очереди, для системы, описывающей обработку запросов в удаленном узле, в который был переслан запрос из n -го узла-источника; W_{qn3} – средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в очереди для системы, описывающей обработку запросов в удаленном узле, в который был переслан запрос из n -го узла-источника.

Тогда по формуле (2) рассчитаем значения этих величин:

$$L_{qn3} = L_{Sn3} - \lambda_{n7} / \mu_{n3} = \rho_{n3}^2 / (1 - \rho_{n3}); \quad W_{qn3} = L_{qn3} / \lambda_{n7} = \rho_{n3} / [\mu_{n3} (1 - \rho_{n3})], n = \overline{1, T}.$$

Пусть L_{Sn2} – среднее число заявок на обслуживание, находящихся в системе, описывающей передачу запросов по линиям связи между n -м узлом-источником и удаленным узлом, содержащим необходимый файл; W_{Sn2} – средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в системе, описывающей передачу запросов по линиям связи между n -м узлом-источником и удаленным узлом, содержащим необходимый файл.

Тогда по формуле (1) рассчитаем значения этих величин:

$$\rho_{n2} = \lambda_{n5} / \mu_{n2} = \lambda_{n2} P_{n5} / \mu_{n2} = \lambda_n P_{n2} P_{n5} / \mu_{n2} = \lambda P_n P_{n2} P_{n5} / \mu_{n2}, n = \overline{1, T};$$

$$L_{Sn2} = \rho_{n2} / (1 - \rho_{n2}), n = \overline{1, T}; \quad W_{Sn2} = 1 / [\mu_{n2} (1 - \rho_{n2})], n = \overline{1, T}.$$

Рассчитаем характеристики качества для всей системы:

1) среднее число заявок на обслуживание, находящихся в системе:

$$L_s^{\text{сист}} = \frac{L_{s1}^{\text{cp.}} + L_{s2}^{\text{cp.}} + L_{s3}^{\text{cp.}}}{3},$$

где $L_s^{\text{сист}}$ – среднее число заявок на обслуживание, находящихся в рассматриваемой многофазной системе;

$L_{s1}^{\text{cp.}}$ можно вычислить по формуле:

$$L_{s1}^{\text{cp.}} = \frac{\sum_{n=1}^K L_{sn1}}{T} = \frac{\sum_{n=1}^K \rho_{n1} / (1 - \rho_{n1})}{T},$$

здесь $\rho_{n1} = \lambda_{n3} / \mu_{n1} = \lambda_{n1} P_{n3} / \mu_{n1} = \lambda_n P_{n1} P_{n3} / \mu_{n1} = \lambda P_n P_{n1} P_{n3} / \mu_{n1}$, $n = \overline{1, T}$;

$L_{s2}^{\text{cp.}}$ вычисляем по формуле:

$$L_{s2}^{\text{cp.}} = \frac{\sum_{n=1}^K L_{sn2}}{T} = \frac{\sum_{n=1}^K \rho_{n2} / (1 - \rho_{n2})}{T},$$

где $\rho_{n2} = \lambda_{n5} / \mu_{n2} = \lambda_{n2} P_{n5} / \mu_{n2} = \lambda_n P_{n2} P_{n5} / \mu_{n2} = \lambda P_n P_{n2} P_{n5} / \mu_{n2}$, $n = \overline{1, T}$;

$L_{s3}^{\text{cp.}}$ можно вычислить по формуле:

$$L_{s3}^{\text{cp.}} = \frac{\sum_{n=1}^K L_{sn3}}{T} = \frac{\sum_{n=1}^K \rho_{n3} / (1 - \rho_{n3})}{T},$$

где $\rho_{n3} = \lambda_{n7} / \mu_{n3} = \lambda_{n5} P_{n7} / \mu_{n3} = \lambda_{n2} P_{n5} P_{n7} / \mu_{n3} = \lambda_n P_{n2} P_{n5} P_{n7} / \mu_{n1}$, $n = \overline{1, T}$;

2) средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в системе может быть вычислена по формуле: $W_s^{\text{сист}} = L_s^{\text{сист}} / \lambda$,

3) среднее число заявок на обслуживание, находящихся в очереди, можно вычислить по формуле:

$$L_q^{\text{сист}} = \frac{L_{q1}^{\text{cp.}} + L_{q2}^{\text{cp.}} + L_{q3}^{\text{cp.}}}{3},$$

где $L_{q1}^{\text{cp.}}$ вычисляем по формуле:

$$L_{q1}^{\text{cp.}} = \frac{\sum_{n=1}^K L_{qn1}}{T} = \frac{\sum_{n=1}^K \rho_{n1}^2 / (1 - \rho_{n1})}{T};$$

$L_{q2}^{\text{cp.}}$ можно вычислить по формуле:

$$L_{q2}^{\text{cp.}} = \frac{\sum_{n=1}^K L_{qn2}}{T} = \frac{\sum_{n=1}^K \rho_{n2}^2 / (1 - \rho_{n2})}{T};$$

$L_{q3}^{\text{cp.}}$ может быть вычислено по формуле:

$$L_{q3}^{\text{cp.}} = \frac{\sum_{n=1}^K L_{qn3}}{T} = \frac{\sum_{n=1}^K \rho_{n3}^2 / (1 - \rho_{n3})}{T};$$

4) средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в очереди может быть вычислена по формуле: $W_q^{сист} = L_q^{сист} / \lambda$.

3. Разработка имитационной модели

Имитационные модели предполагают описание объекта моделирования в виде специального алгоритма, воспроизводящего процесс взаимодействия элементов объекта во времени, а решение (результаты проведения экспериментов) определяется на некотором интервале с заданным шагом. Таким образом, имитационную модель РБД с обобщенной структурой целесообразно представить в виде операторной схемы (рис. 2).

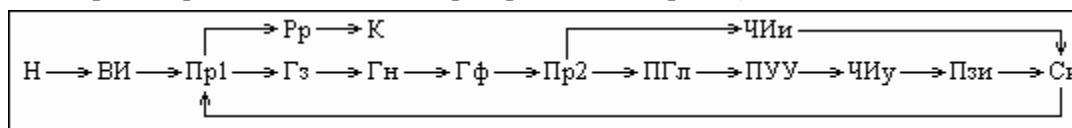


Рис. 2. Имитационная модель РБД с обобщенной структурой в виде операторной схемы

Описание операторов: Н – начало; ВИ – задание исходных данных (структуры РБД, частот поступления запросов, характеристик оборудования и линий связи, времени моделирования); Пр1 – оператор условия. Если время завершения обслуживания *i*-го запроса меньше заданного времени моделирования, то переход к оператору Гз, если нет – то к Рр; Гз – генерация момента времени возникновения очередного запроса; Гн – генерация номера узла-источника; Гф – генерация файла, необходимого в рамках данного запроса; Пр2 – оператор условия. Если необходимый файл находится в узле-источнике, то переход к оператору ЧИи, если нет – то к оператору ПГл; ПГл – процесс передачи *i*-го запроса к узлу, содержащему глобальный справочник; ПУУ – процесс передачи *i*-го запроса из узла с главным справочником в удаленный узел, содержащий необходимый файл; ЧИу – процедура чтения/изменения необходимого файла в удаленном узле; Пзи – процесс передачи *i*-го запроса из удаленного узла в узел-источник; Си – сохранение информации о запросе, необходимой для расчета итоговых результатов (время нахождения запроса в очередях и время ее обслуживания, информация о возникших отказах оборудования и линий связи); ЧИи – процедура чтения/изменения необходимого файла в узле-источнике; Рр – расчет итоговых результатов моделирования (среднее число заявок на обслуживание, находящихся в системе; среднее число заявок на обслуживание, находящихся в очереди; средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в системе; средняя продолжительность пребывания заявки на обслуживание в очереди).

4. Разработка программного средства моделирования

При выборе языка программирования следует руководствоваться его приспособленностью для описания моделей выбранного класса и доступностью. В данном проекте будет использоваться универсальный язык высокого уровня C#, являющийся частью Microsoft Visual Studio 2005, так как он позволяет создать пользовательский графический интерфейс, обладает большим числом подключаемых классов, упрощающих написание программы.

Для проведения экспериментов и сравнения двух моделей было разработано специальное программное средство RBD_MOD, которое осуществляет моделирование РБД аналитическими и имитационными методами, используя разработанные модели.

5. Экспериментальная проверка

Эксперименты проводились на персональном компьютере с тактовой частотой 3ГГц и объемом оперативной памяти 2 Гбайт. Для проведения экспериментов использовалась РБД с произвольной топологией, изображенная на рис. 3.

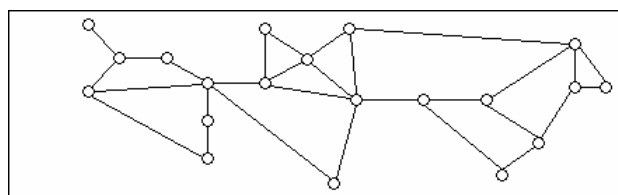


Рис. 3. РБД с произвольной топологией

Эксперимент 1. Цель эксперимента – сравнение зависимостей машинного времени, необходимого на проведение моделирования, от частоты поступления запросов пользователей при использовании имитационного и аналитического моделирования.

Исходные данные к эксперименту:

- быстродействие оборудования: 5 запросов в минуту (предполагается, что все запросы одного объема и характеристики оборудования узлов одинаковы);
- вероятность отказа каждого из узлов равна 0,0005;
- вероятность отказа каждой из линий связи равна 0,001.

Для имитационной модели вычислялось среднее машинное время, необходимое для моделирования, рассчитанное по результатам 10-ти экспериментов.

Результаты проведения 1-го эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1

Частота появления запросов(з/мин)	1	5	20	50	100	150	250	350	500
Затраты машинного времени (аналитическая модель) (с)	0,5	1,4	2,2	3,1	4,8	5,9	7,3	8,5	9,8
Затраты машинного времени (имитационная модель) (с)	1	2,5	4,1	11,1	29,6	48,4	89,2	140,5	290,6

Графики зависимостей машинного времени, необходимого на моделирование, от частоты поступления запросов пользователей изображены на рис. 4.

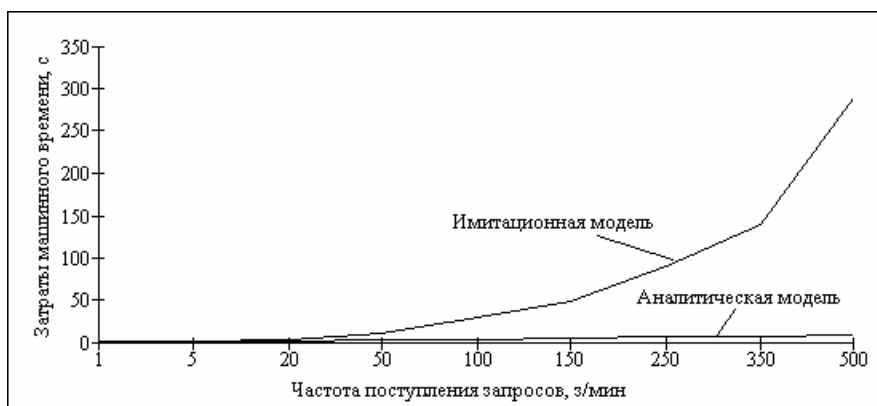


Рис. 4. Графики зависимости машинного времени, необходимого для моделирования, от частоты поступления запросов пользователей при использовании аналитического и имитационного моделирования

Из графиков, представленных на рис. 4, следует, что затраты машинного времени при использовании имитационной модели экспоненциально зависят от частоты поступления запросов, тогда как при использовании аналитической модели эти затраты несущественно возрастают с увеличением частоты поступления запросов.

Эксперимент 2. Цель эксперимента – сравнение зависимостей объема оперативной памяти, необходимого на моделирование, от частоты поступления запросов пользователей при использовании имитационного и аналитического моделирования.

Исходные данные к эксперименту:

- быстродействие оборудования: 5 запросов в минуту (предполагается, что все запросы одного объема и характеристики оборудования узлов одинаковы);
- вероятность отказа каждого из узлов равна 0,0005;
- вероятность отказа каждой из линий связи равна 0,001.

Для имитационной модели вычислялся средний объем оперативной памяти, необходимый для моделирования, рассчитанный по результатам 10-ти экспериментов.

Результаты проведения 2-го эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2

Частота появления запросов(з/мин)	1	5	20	50	100	150	250	350	500
Объем оперативной памяти (аналитическая модель)(Mb)	8	9,3	12,2	17,1	22,2	27,0	32,8	44,9	54,2
Объем оперативной памяти (имитационная модель)(Mb)	6,2	7,1	9,4	15,6	20,1	29,4	39,1	48,5	62,1

Графики зависимостей объема оперативной памяти, необходимого на моделирование, от частоты поступления запросов пользователей изображены на рис. 5.

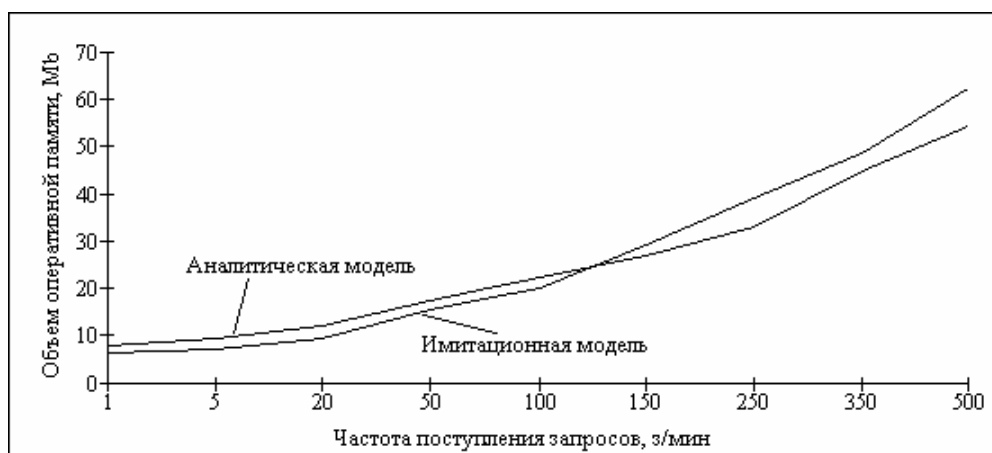


Рис. 5. Графики зависимостей объема оперативной памяти на моделирование от частоты поступления запросов пользователей при использовании аналитического и имитационного моделирования

Из графиков, изображенных на рис. 5, следует, что в случае моделирования РБД обобщенной структуры при равных частотах поступления заявок на всех узлах и при одинаковой производительности оборудования существует такая частота поступления запросов, при которой объем оперативной памяти, требуемый на проведение аналитического и имитационного моделирования, одинаков, а также существуют 2 промежутка значений частот, на которых более предпочтительной является либо имитационная, либо аналитическая модель.

Выводы

Научная новизна исследования состоит в том, что для моделирования распределенных баз данных с произвольной топологией предложены аналитическая и имитационная модели; разработаны алгоритмы реализации предложенных моделей, а также специальное программное средство RBD_MOD, реализующее предложенные модели. С помощью этого средства проведен ряд экспериментов, направленных на сравнение аналитических и имитационных методов моделирования РБД с точки зрения вычислительных и временных ресурсов, затрачиваемых на их реализацию, и ограничений каждого из методов.

Практическая значимость исследования состоит в том, что экспериментальным путем выяснено, что с точки зрения времени проведения моделирования аналитические методы работают быстрее, чем имитационные. При невысоких частотах поступлений запросов имитационные методы требуют меньший объем оперативной памяти, а при более высоких частотах меньше памяти требуют аналитические методы. Аналитические модели позволяют описывать работу лишь тех РБД, для параметров которых принимается ряд допущений (производительность аппаратуры в узлах РБД одинакова, частота поступления запросов на каждый узел – экспоненциально распределенная величина с одинаковыми параметрами для всех узлов). Имитационные же методы позволяют описать функционирование РБД любой сложности и с любыми параметрами.

Список литературы: 1. Янбых Г.Ф., Столяров Б.А. Оптимизация информационно-вычислительных сетей. М.: Радио и связь, 1987. 2. Цегелик Г.Г. Системы распределенных баз данных. Львов: Свит, 1990.

168с. **3.** Мищеряков Ю.В., Шовкопляс Ю.В., Евсеева Н.В. Моделирование распределенных баз данных в условиях неопределенности // Вестник ХНТУ. 2007. №4(27). С. 240-247. **4.** Марасанов В.В., Мамиконов А.Г., Кульба В.В., Коробко В.Б. Модели синтеза систем баз данных в вычислительных сетях. Кишинев: «Штиинца», 1987. 268с. **5.** Основы моделирования сложных систем / Под общ. ред. И.В. Кузьмина. Киев: Вища шк., 1981. 360 с. **6.** Гнеденко Б.В., Коваленко И.М. Применение теории массового обслуживания к задачам больших систем. В кн.: Большие системы. Теория, методология моделирования. М.: Наука, 1971. **7.** Мартин Дж. Системный анализ передачи данных / Пер. с англ. М.: Мир, 1996. **8.** Хаусли Т. Системы передачи и телеобработки данных / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1994. **9.** Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Высш. шк., 2001. 271 с.

Поступила в редколлегию 18.09.2007

Евсеев Виктор Владимирович, канд. техн. наук, профессор кафедры системотехники ХНУРЭ. Научные интересы: автоматизация проектирования сложных систем. Адрес: Украина, 61000, Харьков, пер. Хорошевский, 13, кв. 1, тел.: 372-56-16.

Шовкопляс Юрий Витальевич, студент факультета компьютерной инженерии и управления ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Конева, 13, кв. 70, тел. 712-47-78.

Самойленко Наталья Викторовна, аспирантка кафедры системотехники ХНУРЭ. Научные интересы: информационные технологии моделирования и проектирования. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Полтавский шлях, 154, кв. 131, тел.: 372-56-16.

УДК 621.318.5:002

*Е.М. АНПИЛОГОВ, И.Е. АНПИЛОГОВА, Б.В. ДЗЮНДЗЮК,
Л.И. МАРЧЕНКО, Л.В. ЛАРЧЕНКО*

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ В ЦЕЛЯХ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И УСТРАНЕНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ

Моделируется технологический процесс при изготовлении системы с учётом входных, выходных параметров и режимов операций. Актуальность задачи заключается в том, что в зависимости от входных параметров и режимов отдельных операций можно прогнозировать выходные параметры готового изделия. На технологических операциях с помощью режимов устраняются нежелательные и опасные факторы.

Научно-технический прогресс в интенсификации экономики предусматривает опережающее развитие новой техники и технологии. Увеличение производства сложных систем, насыщенности ими промышленности, транспорта и других отраслей народного хозяйства должны быть обеспечены условиями безопасной, безвредной и высокоэффективной работой персонала и оптимальной технологией.

Выполнение данных положений связано с расходом значительных средств, часто соизмеримых со стоимостью системы, поэтому правильное проектирование и эксплуатация сложных систем с точки зрения безопасности – очень важная задача производительности труда и дохода.

Изучение системы «Человек-Машина-Среда» может управлять, прогнозировать, а также учитывать состояние человека с учётом динамического характера реакций организма и специфических особенностей конкретного технологического процесса, управляемого оператором.

Данная работа посвящена рассмотрению системы, программы в целях учёта, управления и минимального влияния опасных и вредных факторов в процессе выбора рациональной технологии для изготовления системы.

Исследуемая система может быть представлена в виде совокупности технологических процессов (операций), выполняемых в определенной последовательности, как показано на рисунке. На каждую операцию действуют векторы – входные, выходные и режимов управления этими операциями. Все эти элементы объединяются в систему при помощи связей.