

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ.

О.М. Демиденко, И.В. Агеенко,
А.В. Воруев, В.Н. Кулинченко, И.В. Максимей
Беларусь, Гомель.

Излагаются основные положения методики автоматизации имитационного эксперимента (ИЭ) на ПЭВМ при проектном моделировании вариантов локальных вычислительных сетей (ЛВС). Методика реализуется при поэтапном использовании предлагаемых способов и средств организации ИЭ, позволяющих ускорить проектное моделирование и выбор рациональной архитектуры ЛВС для заданной рабочей нагрузки (РН) на систему.

1. Основная идея автоматизации имитационного моделирования вычислительного процесса в ЛВС.

Предлагаемая методика позволяет автоматизировать основные этапы создания, испытания и эксплуатации имитационных моделей (ИМ) вычислительного процесса (ВП) и рабочей нагрузки (РН) в ЛВС. Идея методики заключается в поэтапном использовании оригинальных способов и средств ИЭ на ПЭВМ.

На первом этапе разработки ИМ ВП предлагается использовать следующие элементы малой автоматизации ИЭ при формализации ВП:

- правила декомпозиции ВП, ускоряющие этап формализации ЛВС;
- способ описания динамики организации ВП в сложной информационной системе (СИС);
- способ представления в ИМ ВП информации о базе данных СИС;
- технология задания исходной информации при построении ИМ ВП в СИС;
- способ формирования откликов ИМ по статистикам имитации ВП в ЛВС.

На втором этапе предлагается использовать новые средства автоматизации ИЭ, ускоряющие реализации ИМ ВП в СИС:

- уменьшение удельного веса программирования за счет декларативного способа задания текста ИМ ВП в СИС, реализованного в СМ МІСІС [1];
- повышение уровня технологии верификации ИМ ВП в ЛВС за счет специальных технологических приемов по управлению ходом имитации, диалоговому заданию исходной информации для ИЭ на

ПЭВМ, автоматизации сбора статистики моделирования различных вариантов ЛВС;

- применение специальной библиотеки процедур испытания исследования свойств ИМ СИС, основные идеи создания которой изложены в [2], отличающиеся реализацией алгоритмов информационной верификации баз данных СИС и проверке адекватности баз данных сети целям проектного моделирования вариантов ЛВС.

На третьем этапе предлагается использовать библиотеку универсальных ИМ ВП и ИМ РН для ЛВС согласно следующей последовательности действий:

- по реальной статистике о временах обработки различных запросов к базам данных и реализации связей между базами данных (статистика фиксируется специальной системой мониторинга параметров РН и ВП в ЛВС);
- выбор исследователем, который не является специалистом по программированию и имитационному моделированию, из библиотеки готовой ИМ и ее параметризация по предложенным правилам на основе реальной статистики о занятости компонентов ЛВС и с учетом надежности их функционирования в составе ЛВС;
- использование конструкторами ИМ, которые также не являются специалистами по программированию, готовых элементов ИМ и библиотеки с последующей параметризацией характеристик ВП и РМ в ЛВС.

В результате реализации совокупности перечисленных усилий, приемов и предложенных технологических средств, специалисты аналитики и проектировщики архитектур ЛВС могут оперативным образом организовать ИЭ с ИМ ВП и РН в ЛВС и на этой основе получить экспертные оценки эффективности вариантов ЛВС.

2. Принципы формализации ВП и РН в ЛВС.

Согласно [2] на этапе формализации ВП и РН в СИС необходимо выполнить следующую последовательность операций:

- составление содержательного описания самой ЛВС;
- построение концептуальной модели ЛВС и выбор способа формализации ВП и РН в ЛВС;
- собственно составление формального описания ВП и РН в ЛВС.

При построении ИМ ЛВС необходимо учитывать два фактора: структуру СИС; структуру сети. Причем, структура СИС как бы накладывается на структуру сети. Поэтому функционирование СИС рассматривается как с учетом работы ее элементов, так и с учетом работы компонентов ЛВС. При работе в ЛВС наиболее важным моментом является надежное хранение информации в информационных базах данных (ИБД) ЛВС и организация эффективной работы пользователей с

хранящейся в ИБД информацией. Надежное хранение информации в ИБД обеспечивается при выполнении следующих условий:

- контроль ограничений целостности информации (надежной передачи информации по связям между ИБД);
- надежная работа компонентов ЛВС.

Эффективная работа пользователей с информацией обеспечивается организацией информации в ИБД и способом размещения ИБД в узлах ЛВС. При размещении ИБД в узлах ЛВС учитывается состав пользователей ЛВС, обслуживаемых на каждом узле ЛВС.

В структуре СИС выделяется две группы элементов: программное обеспечение (ПО) и ИБД. ПО представляется в виде графа, состоящего из элементарных программных модулей (ПМ), каждый из которых имеет свой набор параметров и характеристик и списка функциональных действий. Информационная часть СИС представлена набором связанных между собой ИБД. Размещается эта информация на внешних устройствах ПЭВМ, из которых и скомпонована ЛВС. Поэтому при построении ИМ ВП и РН в ЛВС внешняя память представляет собой информационный граф. Узлами этого графа являются ИБД, для которых устанавливаются проектируемые значения характеристик доступа к информации. Дугами этого графа являются связи между ИБД в ЛВС. Таким образом, та часть СИС, которая представляет собой логику ее функционирования, декомпозируется в граф-схему ПО, а информационная часть ЛВС в граф-схему ИБД. В результате в ходе имитации ВП обращение к базам данных осуществляется в процессе реализации функциональных действий, отражаемых соответствующими ПМ.

Все логические компоненты ЛВС размещаются в узлах сети. Например, вырожденным случаем является размещение СИС на одной ПЭВМ. Работа всех компонентов СИС зависит существенным образом от взаимодействия физических компонентов ЛВС, управляющей программы ЛВС и операционной системы (ОС) узла сети. В ряде случаев функции управляющей программы сети выполняет ОС. Структура ЛВС представляется состоящей из элементов, каждый из которых выполняет свой набор функциональных действий:

- обработка информации на узле ЛВС;
- обработка на узле с обращением к серверу;
- взаимодействие узлов и сервера;

На каждом узле предполагается следующий состав оборудования: ЦП, внешняя память, оперативная память. На всех этих устройствах и размещаются все компоненты СИС.

Таким образом, динамика взаимодействия компонентов ИМ СИС представляется следующим образом. Задачи пользователей СИС представляются в виде графа, узлами которого являются программные модули (модуль РМ). На уровне ПМ осуществляется конкуренция за ресурсы ЦП. Процесс предоставления ресурса ЦП и определения типа и приоритета запросов на ресурсы узла сети в процессе ИЭ осуществляет модель программы -диспетчера (ПД), которая имитирует работу ОС и

управляющей программы сети. При имитации работы ПМ возможно обращения к ИБД, которые также осуществляются через ПД. Таким образом, выделение ресурса ИП и конкуренция ПМ за этот ресурс имитируется моделью ОС.

Задание исходной информации для ИМ СИС определяется структурой ЛВС и целями ее исследования. Поэтому технология задания исходной информации определяется схемой вложенности параметров модели ЛВС. Первоначально задаются характеристики, которые определяют структуру ИМ ЛВС. Характеристики задач включают в себя типы используемых ПМ и количество модулей каждого типа. Характеристики ОС определяют режим выполнения в ЛВС. Выделено два основных типа ОС: поддерживающие последовательный режим обработки заданий пользователей и поддерживающие параллельный режим работы. При задании сети указывается количество узлов и характер размещения задач пользователей на узлах ЛВС. После задания структуры и характеристик ИМ ЛВС на базовом уровне устанавливается размещение информации в ИБД и узлах сети. При этом ИБД на узлах ЛВС размещаются в соответствии с распределением задач обработки по узлам ЛВС, а также в соответствии с проектируемой структурой распределенной ИБД. Для этого в качестве исходной информации требуется задание:

- типов базы данных;
- количество баз данных каждого типа;
- характеристики каждой базы данных в отдельности;
- матрица связей между ИБД по узлам ЛВС.

Остальная информация задается в процессе ИЭ при проектном моделировании ЛВС.

3. Средства автоматизации ИЭ.

Базовым средством описания имитационной модели СИС по узлам и по сети в целом является система моделирования MISC [1]. Использование данной системы позволяет уменьшить удельный вес программирования за счет декларативного способа задания текста ИМ. При этом основная часть ИМ узла сети представляет собой декларативный текст, в который конструктор имитационной модели переводит графическое описание компонентов узла сети. В тех местах, где требуется более детальное описание ВП, с помощью алгоритмических примитивов реализуется алгоритмический способ описания ИМ узла сети. К таким компонентам относится программа-диспетчер, работу которой более удобно описывать алгоритмическим способом.

Для испытания имитационной модели СИС разработана специальная библиотека процедур испытания и исследования свойств ИМ СИС в сети. Как известно из [2], испытание ИМ включает следующие процедуры: проверка адекватности, определение погрешности имитации, определение устойчивости откликов, определение чувствительности модели. В нашем случае моделирование осуществляется для проектируемой системы,

поэтому проверку адекватности выполнить трудно, так как отсутствует реальный объект для сравнения с ИМ. Поэтому остаются только операции верификации ИМ, определения погрешности имитации, устойчивости откликов и чувствительности модели.

Для формирования откликов ИМ узла и сети ЭВМ осуществляется фиксация в ходе ИЭ следующих классов статистик имитации.

Первый класс статистик позволяет определить функциональные свойства компонентов (ПМ или БД) по модели узла сети. Сюда относятся статистики:

- $\Sigma t_{обjk}$ суммарное время обслуживания j-м компонентом запросов l-го типа на обслуживание транзактов в k-ом ИЭ;
- $n\Sigma_{jlk}$ количество обслуженных транзактов l-го типа j-м компонентом за время k-ого имитационного эксперимента;

По этим статистикам можно определить отклики ИМ узла сети:

- $\eta_{jlk} = \Sigma t_{обjk} / T_{МОДk}$ коэффициент загрузки j-го компонента запросами l-го типа в k-м ИЭ;
- $\eta_{jk} = \Sigma t_{обjk} / T_{МОДk}$ коэффициент загрузки j-го компонента в k-м ИЭ в целом;
- $\bar{t}_{обjl} = \Sigma t_{обjl} / n\Sigma_{jlk}$ среднее время обслуживания одного транзакта l-го типа;
- $\%n\Sigma_{jlk}$ доля запросов l-го типа, обслуженных j-м компонентом в k-м ИЭ.

В результате k-ого ИЭ по этим статистикам формируются три матрицы откликов, определяющие функциональные свойства компонентов узла сети. По этим матрицам можно находить узкие места в системе.

$$MU\eta_{jk} = \begin{pmatrix} \eta_{11k} & \dots & \eta_{1lk} \\ \eta_{21k} & \dots & \eta_{2lk} \\ \dots & \dots & \dots \\ \eta_{j1k} & \dots & \eta_{jlk} \end{pmatrix}; \quad MU\bar{t}_{обjk} = \begin{pmatrix} \bar{t}_{об11k} & \dots & \bar{t}_{об1lk} \\ \bar{t}_{об21k} & \dots & \bar{t}_{об2lk} \\ \dots & \dots & \dots \\ \bar{t}_{обj1k} & \dots & \bar{t}_{обjlk} \end{pmatrix};$$

$$MU\%n\Sigma_{jk} = \begin{pmatrix} \%n\Sigma_{11k} & \dots & \%n\Sigma_{1lk} \\ \%n\Sigma_{21k} & \dots & \%n\Sigma_{2lk} \\ \dots & \dots & \dots \\ \%n\Sigma_{j1k} & \dots & \%n\Sigma_{jlk} \end{pmatrix}.$$

Второй класс статистик позволяет оценить характеристики надежности компонентов узла на физическом и логическом уровнях. Этот класс статистик вычисляется из протоколов отказов. Сюда относятся статистики: $F_k(\tau_{бор})$ и $F_k(\tau_{вос})$ - функции распределения длительностей интервалов безотказной работы и восстановления работоспособности j-го компонента узла сети в течение k-го ИЭ. Проводя серию ИЭ в соответствии с заданным планом экспериментов, получаем соответствующие последовательности указанных статистик. Из этих последовательностей по окончании всех ИЭ формируются отклики,

характеризующие надежностные аспекты функционирования физических компонентов узла: $F(\tau_{\text{бор}})$ и $F(\tau_{\text{вос}})$. Из этих же последовательностей по окончании экспериментов с заданной структурой баз данных получаем отклики, характеризующие надежность хранения информации в базах данных. В дальнейшем эти отклики ИЭ на модели узла сети используются в качестве исходной информации при постановке ИЭ с моделью сети.

Третий класс статистик позволяет оценить функциональные свойства компонентов по ИМ сети ЭВМ. Статистики аналогичны первому классу, но на более обобщенном уровне, где компонентами являются узлы сети. Сюда относятся статистики:

- $\Sigma t_{\text{обrk}}$ суммарное время обслуживания g -м узлом запросов l -го типа на обслуживание транзактов в k -ом ИЭ;
- $n_{\text{rлк}}$ количество обслуженных транзактов l -го типа g -м узлом за время k -ого имитационного эксперимента;

По этим статистикам можно определить отклики ИМ сети ЭВМ:

- $\eta_{\text{rлк}} = \Sigma t_{\text{обrk}} / T_{\text{МОДк}}$ коэффициент загрузки j -го узла запросами l -го типа в k -м ИЭ;
- $\eta_{\text{rлк}} = \Sigma / T_{\text{МОДк}}$ коэффициент загрузки j -го узла в k -м ИЭ в целом;
- $t_{\text{обrk}} / n_{\text{rлк}}$ среднее время обслуживания одного транзакта l -го типа;
- $\%n\Sigma_{\text{rлк}} = (n\Sigma_{\text{rлк}} * 100) / \Sigma j n \Sigma_{\text{rлк}}$ доля запросов l -го типа, обслуженных j -м узлом в k -м ИЭ.

В итоге k -ого ИЭ по статистикам третьего класса также формируются три матрицы откликов, определяющие функциональные свойства узлов сети. По этим матрицам можно находить узкие места в сети ЭВМ.

$$MC \eta_{\text{rлк}} = \begin{pmatrix} \eta_{11к} & \dots & \eta_{1лк} \\ \eta_{21к} & \dots & \eta_{2лк} \\ \dots & \dots & \dots \\ \eta_{r1к} & \dots & \eta_{rлк} \end{pmatrix}; \quad MC \bar{t}_{\text{обк}} = \begin{pmatrix} \bar{t}_{\text{об}11к} & \dots & \bar{t}_{\text{об}1лк} \\ \bar{t}_{\text{об}21к} & \dots & \bar{t}_{\text{об}2лк} \\ \dots & \dots & \dots \\ \bar{t}_{\text{об}r1к} & \dots & \bar{t}_{\text{об}rлк} \end{pmatrix};$$

$$MC \%n\Sigma_k = \begin{pmatrix} \%n\Sigma_{11к} & \dots & \%n\Sigma_{1лк} \\ \%n\Sigma_{21к} & \dots & \%n\Sigma_{2лк} \\ \dots & \dots & \dots \\ \%n\Sigma_{r1к} & \dots & \%n\Sigma_{rлк} \end{pmatrix}.$$

В частности, по этим матрицам можно определять наиболее нагруженные узлы сети и наиболее обслуживаемые типы транзактов (запросов пользователей).

Четвертый класс статистик позволяет определить характеристики надежности на уровне физического функционирования узлов сети ЭВМ и на уровне надежности хранения и предоставления информации баз данных, размещенных в сети.

Пятый класс связан с особенностями работы программы-диспетчера (ПД). Поскольку работа ОС моделируется путем разделения программы-

диспетчера на две компоненты: с параллельным режимом работы и с последовательным, то естественно возникает необходимость ведения статистики по видам работы ПД. Сюда относятся статистики:

- $\Sigma t_{\text{свк}}$ - незанятое время процессора (время простоя) в течение k-го ИЭ;
- $\Sigma t_{\text{диспк}}$ - время работы диспетчера (накладные расходы) в течение k-го ИЭ;
- $\rho_{\text{парк}}$ - среднее количество программных модулей одновременно обслуживаемых ПД в течение k-го ИЭ;
- $\Sigma t_{\text{последк}}$ - время работы диспетчера в последовательном режиме работы в течение k-го ИЭ;
- $\Sigma t_{\text{бдк}}$ - время работы с информацией, хранящейся в i-й базе данных в течение k-го ИЭ.

Все пять классов статистик формируются на этапе обработки результатов имитации с помощью стандартных средств статистической обработки данных [3].

4. Задачи проектного моделирования ЛВС.

С помощью предложенной методики и средств автоматизируются основные этапы проектного моделирования. При этом в результате моделирования можно учесть особенности организации ВП в узлах ВС:

- ресурсоемкость технологических средств ЛВС и необходимость их минимизации по расходам ресурсов на организацию ВП в ЛВС;
- чувствительность ВП к типу архитектуры ИБД и вариантам организации внешней памяти в ЛВС
- чувствительность ВП к отказам ЦП и внешней памяти ЛВС;
- необходимость учета состава и типов РН при проектном моделировании вариантов организации ЛВС;

При этом наиболее типовыми задачами проектного моделирования, решаемых с помощью предложенной методики, могут быть задачи:

- выбор рабочей области моделирования ВП в узлах ЛВС;
- оценка влияния на ВП в ЛВС характеристик РН;
- оценка влияния характеристик ИБД на организацию ВП в ЛВС;
- оценка влияния отказов ЦП на живучесть ЛВС;
- оценка влияния внешней памяти на организацию ВП в ЛВС;

В заключение в докладе обосновывается вывод об актуальности и необходимости использования данной методики и средств автоматизации ИЭ при:

- адаптации ВП в ЛВС под имеющуюся или проектируемую РН;
- исследовании живучести ЛВС в условиях использования в ее составе компонентов с заданными распределениями вероятностей их отказов в функционировании и типовыми распределениями времен их восстановления.

Литература.

1. Maximey I.V., Levchuk V.D., Dolinski "Programme technological tools for complex system modeling". Advances in modeling and analysis c.AMSE vo,1.1113 p.1-10.
2. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ, М.Радио и связь, 1998, 232 с.
3. STATISTICA for Windows - Release 4.3. Statsoft Inc. 1993

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф.СКОРИНЫ