

МОНИТОРИНГА И АДАПТАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПОД РАБОЧУЮ НАГРУЗКУ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

О.М. Демиденко,

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой
«Автоматизированные
системы обработки
информации»
Гомельского
государственного
университета
Ф. Скорины

Рассматриваются особенности терминологии, используемой зарубежными и отечественными экономистами в исследованиях инновационной деятельности, организационно-экономических механизмов инвестирования в инновационные проекты; дается классификация инновационных проектов.

The specific features of terminology used by the foreign and native economists in researches of innovative activity, organizational and economic mechanisms of investments in innovative projects are considered; the classification of innovative projects is given.

ВВЕДЕНИЕ

Обычно предприятия, использующие современные информационные технологии обработки информации, стараются объединить свои информационные мощности на основе локальных вычислительных сетей (ЛВС). Но при этом они испытывают множество трудностей. Во-первых, отсутствуют доступные широкому кругу специалистов методики и средства их организации при исследовании вычислительного процесса (ВП) и рабочей нагрузки (РН) на ЛВС. Фирмы, поставляющие на рынок программной продукции свое программное обеспечение (ПО), не обеспечивают пользователей ни средствами измерения параметров ВП и РН, ни методиками их разработки и использования. Во-вторых, большинство методик исследования ЛВС ориентировано на исследование сетевых аспектов организации обработки информации аналитическими методами теории массового обслуживания [4]. Проблемам организации ВП на узле ЛВС уделяется недостаточно внимания в силу необхо-

димости рассмотрения ВП в узлах ЛВС на высоком уровне детализации, что невозможно сделать аналитическими методами. Отсутствие средств измерения параметров ВП и РН на высоком уровне их исследования не позволяют использовать имитацию динамики организации обработки информации на ЛВС. В-третьих, РН на многих предприятиях периодически изменяется. Это приводит к необходимости каждый раз осуществлять перенастройку ВП под РН на узлы ЛВС. Очевидно, что такую адаптацию ВП под требования РН на узлы ЛВС необходимо проводить путем сочетания натурных и имитационных экспериментов (ИЭ) на ЛВС. Поскольку для постановки ИЭ необходимо знание реальной статистики о характере и структуре РН на ЛВС [1, 2, 3], то эту информацию можно получить только с использованием системы мониторинга в ходе натурных экспериментов (НЭ) на реальных ЛВС. Существующие средства мониторинга [4, 5] ориентированы на устаревшую вычислительную технику (ВТ) и соответствующее ей

ПО. При переходе на современную ВТ (включая также и ЛВС) необходимы соответствующие средства измерения параметров ВП и РН на ЛВС. Таким образом, из перечисленных выше проблем следует актуальность разработки системы мониторинга параметров ВП и РН на узел ЛВС и создания соответствующей методики ее использования при адаптации ВП под РН на узлах ЛВС. Ниже предлагается: разработанная в Гомельском государственном университете им. Ф. Скорины система мониторинга, библиотека имитационных моделей ВП и РН на ЛВС, методики их использования при адаптации ВП под РН и результаты апробации системы и методик ее использования.

1. ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЯ И АДАПТАЦИИ ВП ПОД РН НА ЛВС

Для нахождения параметров ВП и РН на узлы ЛВС и организации натурных и имитационных экспериментов (ИЭ) при исследовании и адаптации ВП под РН был разработан программно-технологический комплекс исследователя (ПТКИ). Структурно ПТКИ состоит из следующих компонентов: системы мониторинга (SYSMON); подсистемы стабилизации РН при организации натурных экспериментов (MODTEST); библиотеки процедур анализа параметров ВП и РН на ЛВС и адаптации ВП под РН на базе классических алгоритмов принятия решений (LIB.ANALIZ); библиотеки имитационных моделей ЛВС (LIB.LVS); библиотеки имитационных и аналитических моделей РН на узлы ЛВС (LIB.IMRN); библиотеки программно-технологических компонентов ВП ЛВС (LIB.IMCOLVS); системы автоматизации имитационного моделирования (СМ MICIC); подсистемы обработки статистики результатов натурного и имитационного экспериментов (STATIST), выполненных на основе ППП СТАТИСТИКА [7], адаптированной в среде СМ MICIC [6]. Назначение и возможности перечисленных компонентов ПТКИ определяются технологией организации натурных экспериментов (НЭ) и ИЭ при исследовании и адаптации ВП под РН на узлы ЛВС.

Структура SYSMON определяется необходимостью реализации следующих

функций: отслеживание системных событий, сопоставление их с процессами в ЛВС, периодическая запись статистики измерений параметров ВП и РН на жесткий диск. Системными событиями в соответствии с изложенным подходом к формализации ВП и РН считаем: моменты переключения потоков в ОС Windows, обращение к диску, использование виртуальной памяти, графические операции. SYSMON состоит из трех модулей: перехвата системных событий (MS1), идентификации процессов (MS2), сбора статистики (MS3). MS1 представляет собой драйвер, реализованный на языке СИ с использованием библиотеки VToolsD. Он перехватывает управление у перечисленных ранее системных операций. Для хранения информации драйверу выделяется в невыгружаемой памяти буфер емкостью 2048 событий. MS2 представляет собой динамически загружаемую библиотеку, содержащую системные «ловушки», позволяющие загрузить эту библиотеку в адресное пространство каждого процесса. Во время инициализации библиотеки вызывается функция получения системного идентификатора процесса, а затем этот идентификатор передается MS3. MS3 представляет собой программу, написанную на языке Borland Delphi 5.0. Он выполняет следующие функции: загружает драйвер перехвата системных событий; регистрирует в системе «ловушки», содержащие модули идентификации процессов; создает файл журнала событий с уникальным именем; запускает на выполнение специальный программный поток, отвечающий за считывание данных из драйвера и записи их в журнал; отображает процесс сбора статистики на дисплее. Таким образом, система мониторинга SYSMON внедряет свои «перехватчики» на основных информационных магистралях узла ЛВС. При разработке алгоритмов мониторинга параметров ВП и РН возникла проблема идентификации процессов, выполнявших любую из отслеживаемых операций. Для решения этой проблемы был разработан специальный «сервис», возвращающий текущие системные идентификаторы «нити» и процессов. Попадание в контекст каждого процесса обеспечивается глобальными системными «ловушками», хранящимися в динамически загружаемых библиотеках, и после регистрации процессов в системе они подключаются к каждо-

му выполнявшемуся процессу. Поэтому во время инициализации «ловушек» выполняются следующие действия: загрузка драйвера SYSMON, вызов функции получения системных идентификаторов «нити» и процесса; определение имени процесса; нахождение дескриптора окна программы MS3; отправка ему сообщения о создании процесса, содержащего сведения об искомом процессе. Обработка событий реализуется такой последовательностью действий: работа пользовательского процесса, перехват запроса пользователя на ресурсы, его идентификация, фиксация события в буфере MS3, проверка заполнения локального буфера. При его заполнении проводится сжатие информации и запись ее на диск, а затем возврат управления обработчику процессов ОС Windows. Драйвер SYSMON записывает информацию обо всех отслеживаемых событиях в свой локальный буфер. При этом MS3 выполняет следующие действия: запуск драйвера SYSMON, периодическое считывание данных из буфера, идентификацию процессов в системе, запись последовательности событий в журнал. Основным модуль MS3 работает постоянно в фоновом режиме. Завершение работы MS3 реализуется двумя операциями: выгрузка драйвера SYSMON, выгрузка модуля идентификации процессов.

MODTEST представляет собой программу-эмулятор РН, использующую ресурсы ВС в соответствии с планом УНЭ. Каждый ПМ_j ($j=1, 8$) реализуется в несколько этапов. Состав функций, выполняемых ПМ_j, детерминированный для каждого ПМ_j. Этим достигается относительное постоянство РН при организации УНЭ. Диспетчер ОС Windows реализует обращение к ПМ_j согласно графа GR_i. Однако работа самих ПМ_j стандартизована набором типовых функций для каждого этапа и типа ПМ_j.

LIB.ANALIZ включает в себя следующие группы процедур:

-- проверку целесообразности проведения адаптации ВП под РН на узлы ЛВС (CELESOB);

-- организации адаптационных работ в режиме натурального эксперимента на реальной ЛВС (ADNATU);

-- задание исходной информации параметризованным моделям РН (ZAPITN);

-- установки фактических значений формальных параметров подмоделей ВП ЛВС (FACTAR);

-- испытания и исследования свойств ИМ ЛВС (ISPSIM);

-- организация адаптационных работ в режиме ИЭ (ADIMIT);

-- принятие решений о модификации состава оборудования и выбора ОС на основе классических критериев (PRRECH).

Каждая из перечисленных групп процедур обеспечивает соответствующий шаг технологии исследований и адаптации ВП под РН на ЛВС.

LIB.LVS представляет собой набор готовых вариантов организации ВП в ЛВС, сформированных с помощью CM MICIC из библиотек моделей РН и компонентов ВП в ЛВС. Эти ИМ после их апробации можно каталогизировать в библиотеки, обеспечивая постоянную пополняемость LIB.LVS и возможность модификации ее состава.

LIB.IMPN реализует алгоритмы описанной ранее формализации РН на основе задания фактических значений формальных параметров ИМ РН по данным НЭ с реальными ЛВС.

LIB.IMCOLVS реализует в среде CM MICIC алгоритмы функционирования компонентов оборудования и ПО ЛВС. Они отображают последовательности реализации ПМ_j на ресурсах ЛВС. В качестве ресурсов ЛВС выступают такие компоненты оборудования ПК, как CPU, HDD, Mem, Video, NET. Сами ПМ_j реализуют типовые алгоритмы выполнения ОС Windows запросов пользователей, резервирование GR_i ресурсов за ПМ_j, выполнение блоков ОС Windows, захват ПМ_j ресурса HDD согласно GRRIBD_{ij}, захват ПМ_j ресурса CPU согласно GR_{ij}, освобождение GR_i или GRRIBD_{ij} соответственно ресурса CPU или HDD.

CM MICIC [6] обеспечивает оперативную сборку или модификацию компонентов перечисленных библиотек в очередной вариант ИМ ВП и РН на ЛВС. Высокий уровень технологии постановки ИЭ обеспечивается возможностями автоматизации трудоемких процессов создания и эксплуатации ИМ ВП и РН на ЛВС.

Для обработки результатов натурального и имитационного эксперимента исполь-

зуется известный ППП СТАТИСТИКА [7], адаптированный для применения в среде СМ MICIC с помощью системы интерфейсов через общую базу данных ПТКИ.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПТКИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ И АДАПТАЦИИ ВП ПОД РН НА ЛВС

Исследование и настройка ВП под РН на узел ЛВС осуществляется поэтапно.

Этап 1. Постановка ННЭ для изучения структуры РН и определение целесообразности проведения адаптационных работ с помощью SYSMON и CELESOB.

Этап 2. Постановка УНЭ при адаптации ресурсов реальной ЛВС к требованиям РН на узел ЛВС с помощью SYSMON, MODTEST, ADNATU и CELESOB.

Этап 3. Выбор имитационной модели для последующего исследования ВП и РН на ЛВС. Возможны два случая: IMLVS требуемого состава оборудования и архитектуры имеется или же ее необходимо создавать из набора элементов в библиотеках ПТКИ. В первом случае осуществляется выбор ИМ из LIB.LVS, затем с помощью ZAPITN задается исходная информация модели РН, устанавливаются фактические значения параметров ИМ ВП ЛВС с помощью FASPAR, наконец, проводится весь цикл испытания и исследования свойств ИМ ВП и РН на ЛВС, используя процедуры ISPSVM [8]. Во втором случае проводится компоновка из LIB.IMRN и LIB.COLVS в среде СМ MICIC IMLVS требуемого состава и архитектуры. По завершении отладки IMLVS средствами СМ MICIC происходит ее каталогизация в LIB.LVS, и далее повторяется весь цикл исследований, как и в первом случае.

Этап 4. Постановка ИЭ при адаптации ВП на IMLVS к требованиям РН на узел ЛВС. Используются: ADIMIT, PRRESH, СМ MICIC и IMLVS. На рис. 1 приведена блок-схема реализации с помощью РТКИ технологических этапов исследования и адаптации ВП под РН на узлах ЛВС. Как видно из рис. 1, информационная связь между этапами осуществляется через ИБД СМ MICIC [6].

3. АПРОБАЦИЯ ПТКИ И ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Апробация ПТКИ проходила в Гомельском государственном университете им. Ф. Скорины. Началась она с оценки технологических характеристик. Использовалось 13 персональных компьютеров (ПК) различных конфигураций, которые были объединены в ЛВС в рамках одного домена сети Ethernet. Суммарное машинное время натурального исследования ЛВС составило 300 часов. В ходе серии ННЭ на этапе 1 были определены накладные расходы на мониторинг ЛВС, определяющие потребление ресурсов CPU ЛВС подсистемой SYSMON, в размере $\Delta_{\text{SYSMON}} = 1,9\%$. Остальные технологические характеристики ПТКИ оказались такими:

- средний коэффициент загрузки HDD составил $\Delta_{\text{HDD}} = 7\%$;
- размер потребляемой оперативной памяти $V_{\text{MEM SYS}} = 256 \text{ Кб}$;
- максимальная скорость потребления ПТКИ дисковой памяти для хранения журнала SYSMON составила 10 Мб/ч;
- информативность SYSMON — $I_{\text{SYSMON}} = 90\%$.

Основной целью этапа 1 являлось получение графа передач управления между процессами. Всего было отмечено участие в ВП 14 типов процессов пользователей. Анализ показал, что чем меньше времени CPU занимает l-ый процесс ($l=1, 14$), тем более вероятно выделение ОС Windows этому же процессу следующего кванта времени CPU (как наиболее редко вызываемому). Этим объясняется наличие в этой матрице циклов процессов самих на себя. Это подтверждает известный факт, что ОС Windows95 распределяет ресурсы по механизму приоритета для удовлетворения запросов вновь созданного процесса или процесса, который длительное время не обслуживался ОС. Соответственно, у системных процессов и процессов, постоянно входящих в состав РН, вероятность переходов менее 0,05. Первые четыре процесса практически связаны со всеми процессами из-за их системного характера. Таким образом, можно утверждать, что SYSMON достоверно отображает динамику взаимодействия процессов в ОС Windows.

Следующим шагом этапа 1 была оценка затрат ресурсов ЛВС с помощью вектора (η_{CPU} , η_{HDD} , T_d). Здесь первые два компонента этого вектора представляют собой коэффициенты использования центрального процессора и диска узла ЛВС, а T_d — время ответа системы на запросы диалогового пользователя. Натурные эксперименты показали, что диапазоны изменения этих трех откликов от одного сеанса исследований к другому сеансу исследований ВП и РН на ЛВС достаточно широки. Это послужило указанием для проверки целесообразности адаптационных работ с помощью процедуры CELESOB. Прикладные расчеты с помощью CELESOB показали, что возможна максимизация компонент вектора (η_{CPU} , η_{HDD} , $1/T_d$) за счет модификации параметров оборудования (V_{MEM} , M_{CPU} , $u_{BШ}$), а также выбора типа ОС Windows (TOS).

На этапе 2 была поставлена серия управляемых натурных экспериментов (УНЭ) для адаптации реальной ЛВС к требованиям РН. УНЭ проводился путем независимых выполнений программных модулей (ПМj), рождаемых РН на узле ЛВС. Выбор указанных характеристик оборудования ЛВС определялся небогатymi возможностями изменения технической базы университетской ЛВС, а также ограниченными возможностями приобретения разных типов ОС Windows. Для исследования использовались три типа ОС: Windows95, Windows98, WindowsME. Наиболее распространенными у массовых ЛВС являются $V_{OЗУ}=32, 64, 96, 128$ Мб. Для жесткого диска характеристики оставались неизменными. Частота базовой шины менялась следующим образом $u_{BШ}=66, 75, 83$ МГц. Значение множителя CPU M_{CPU} менялась от 1,0 (для ранних моделей ПК) до 7 (для поздних моделей ПК).

Для достижения равных условий в серии УНЭ программа MODELTEST генерировала запросы диалоговых пользователей с постоянной интенсивностью I_2 и постоянным временем обслуживания пользователем ответов ЛВС ($t_{OБД}$). Характеристики фоновых и транзитных запросов также поддерживались постоянными при переходе от сеанса к сеансу. Это позволило создавать одинаковую РН на ОС Windows в ходе УНЭ.

Всего было рассмотрено 24 варианта сочетаний трех параметров ЛВС: типа ОС, $V_{OЗУ}$, J_{CPU} . Было установлено, что изменение параметров $V_{OЗУ}$ и $u_{BШ}$ не оказывает существенного влияния на отклики ЛВС $T_{ЖД}$, η_{CPU} и η_{HDD} для рассмотренных типов ОС. Это означало, что при апробации ПТКИ отклики были установившимися для любого типа ОС, все варианты оборудования ЛВС были равнозначны и их отклонения находились в пределах 5%. Было установлено также, что при одних и тех же значениях обслуживания заявок ОС Windows98 имеет более существенные времена простоя CPU, которые она компенсирует за счет более оптимальной работы с дисками.

На этапе 3 с помощью библиотек LIB.IMRN и LIB.COLVS в среде CM MICIC была сформирована IMLVS требуемого состава и похожей архитектуры. Отладка, верификация и проверка адекватности модели реальной ЛВС проводились согласно технологии использования CM MICIC [6]. Для задания исходной информации в ИМ использовались результаты измерения параметров РН с помощью SYSMON. Процедуры ZAPIT, FACPAR и ISPSVM в цикле калибровки модели позволяют найти необходимое сочетание режимов имитации процессов появления запросов пользователей и их обслуживания имитационной моделью ВП в ЛВС.

Этап 4 начинался с использованием процедуры ADIMIT для реализации имитационного эксперимента (ИЭ). Для достижения одинаковых условий с НЭ в IMLVS были зафиксированы значения параметров интенсивности в центре рабочей области параметров моделирования. В качестве переменных параметров модели использовались: размер ИБД ($V_{ИБД}$), изменения на 3 уровнях, интенсивности диалоговых запросов (λ_d), менялись на 5 уровнях, а скорость CPU ($J_{ЦМ}$) варьировалась на 5 уровнях. Состав вектора откликов модели был расширен до 5 компонент: η_{CPU} , η_{HDD} , $T_{ЖД}$, $T_{ЖФ}$, $T_{ЖТ}$. Добавлены еще две компоненты вектора откликов: время ответа ЛВС на транзитные запросы ($T_{ЖТ}$) и фоновой загрузки узла ЛВС ($T_{ЖФ}$). Каждый из вариантов реализовал один ИЭ в среде CM MICIC. Было установлено следующее:

1. Все отклики качества обслуживания пользователя ($T_{жд}$, $T_{жф}$, $T_{жт}$) практически не зависят от интенсивностей поступления запросов диалогового пользователя в области сбалансированной РН. Зависимость $T_{жт} = \varphi(\theta_{сру})$ имеет экспоненциальный характер. Этот факт обеспечивает расширение возможности использования аналитических моделей ВП в тех случаях, когда время ответа системы экспоненциально зависит от $\theta_{сру}$.

2. Величина показателя $T_{жт}$ существенно зависит от $\theta_{сру}$ и совпадает с данными, полученными на реальной ЛВС.

3. Размер ИБД $V_{ибд}$ слабо влияет на величины откликов ИМ ЛВС для принятия при ИЭ состава РН. Применение процедуры PRRESH показало, что, согласно всем типам критериев, самой лучшей можно считать третью стратегию, когда доминирующим является качество

обслуживания диалоговых пользователей. Поскольку решаются задачи адаптации ВП под РН, оптимальным следует выбрать вариант самого большого объема $V_{ибд}$ при скорости центрального процессора равной 0,66.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты апробации показали достаточную технологичность ПТКИ. Универсальность полученных результатов исследования ВП и его адаптации под РН на узлах ЛВС определяется возможностью повторения исследований для ЛВС любой конфигурации, состава ее оборудования и набора задач РН. Ограничением на применение полученных результатов апробации ПТКИ было то, что технические характеристики оборудования изменялись в довольно узком диапазоне. Несмотря на указанное ограничение очевидна перспектива использования ПТКИ и расширения его возможностей как для ИЭ, так и в ходе ИЭ при выборе рациональных вариантов организации обработки информации в ЛВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дадонов А.Г. Анализ отраслевых информационно-вычислительных сетей. — Л.: Судостроение, 1990. — 360 с.
2. Зайченко Е.Ю. Анализ и синтез структуры глобальных вычислительных сетей. — К.: ЗАО «Укрспецмонтажпроект», 1998. — 108 с.
3. Филиппс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей. — М.: Радио и связь, 1994. — 496 с.
4. Тихоненко О.М. Теория массового обслуживания: (Начальный курс). — Мн.: ВУЗ.ЮНИТИ БГПА, 1999. — 144 с.
5. Демуськов А.Б. Организация мониторинга параметров вычислительного процесса в комплексах и сетях ЭВМ при натуральных и имитационных экспериментах: Дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н. — Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 1999. — 207 с.
6. Максимей И.В., Левчук В.Д., Жогаль С.П. и др. Задачи и модели исследования операций. Ч. 3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: Учеб. пособие. — Гомель: БелГУТ, 1999. — 150 с.
7. Демиденко О.М., Максимей И.В. Проектное моделирование вычислительного процесса в локальных вычислительных сетях. — М.: Белорусская наука, 2001. — 252 с.
8. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. — М.: Радио и связь, 1989. — 256 с.

Рис. 1. Блок-схема реализации технологических этапов исследования и адаптации ВП под РН на ЛВС.

