

УДК 681.518:681.3.016

Об одной методике выбора рациональных вариантов организации вычислительного процесса при известной рабочей нагрузке на локальную вычислительную сеть

О.М.ДЕМИДЕНКО, О.В.БЫЧЕНКО, А.В.ВОРУЕВ, И.В.МАКСИМЕЙ,
В.А.НИКИШАЕВ, М.В.ПОТРАШКОВА

1. Введение

Проблемой выбора вариантов организации вычислительного процесса (ВП) занимались многие специалисты. Основным аппаратом исследований являлись методы теории массового обслуживания [1, 2]. При этом предполагалась выполнимость целого ряда ограничений на характер потока требований пользователей к ЛВС и требовалось, чтобы времена длительности обслуживания требований имели экспоненциальный характер [2]. С созданием методики и средств организации мониторинга в ЛВС [3] появилась возможность задания входной информации для моделирования ВП и РН на узлы ЛВС [4].

2. Принципы формализации ВП и РН на ЛВС

ЛВС представляется состоящей из традиционного состава компонентов оборудования сервера (SERV) и рабочих станций (PC): центральный процессор (CPU), жесткий диск (HDD), видеоконтроллер (VIDEO), оперативная память (MEM), сетевой адаптер (NET). Сетевое взаимодействие рассматривается в виде отдельных составляющих, соединенных друг с другом и SERV узлов ЛВС, которые взаимодействуют через среду передачи данных (СПД). Предполагается, что каждый узел ЛВС имеет свою информационную базу данных (ИБД). К функциям узла относятся обслуживание внутренних запросов (диалоговых и фоновых) совместно с интенсивностями λ_d и λ_f и транзитных для узла запросов (с интенсивностью λ_T).

ВП представляет собой реализацию множества пользовательских и системных процессов, выполняемых либо блоками операционной системы (ОС), либо программными модулями j -го процесса ($ПМ_j$). Для представления ИБД (которая может быть распределенной по сети) используется граф базы данных ($GRBD_j$), узлами которого являются l -ые модули ИБД (MBD_{jl}), используемые j -тым процессом, а дуги между ними определяют связи между МБД. Ресурсами ЛВС являются времена использования основных компонентов ЛВС: CPU (t_{CPU}), HDD (t_{HDD}), VIDEO (t_{VID}), MEM (t_{MEM}), NET (t_{NET}), СПД ($t_{СПД}$). Для всех видов ресурсов ЛВС определяются следующие характеристики динамики их перехода из состояния в состояние:

- вероятность перехода процесса j с ресурса g на ресурс f (P_{jgf} , $g \neq f$, $g, f = CPU \div СПД$);
- условная функция распределения времени использования j -м процессом ресурса f при условии, что перед этим использовался ресурс g ($F_{jgf}(t)$; $g \neq f$, $g, f = CPU \div СПД$).

В условиях конкуренции процессов за эти ресурсы параметрами динамики взаимодействия компонентов ЛВС будут соответствующие матрицы:

- $\|P_{jgf}\|$ – матрицы переходов процессов по ресурсам ЛВС;
- $\|F_{jgf}(t)\|$ – матрицы, элементами которых являются функции условных распределений времен выполнения процессов на ресурсах ЛВС.

Предполагаем, что основными характеристиками качества обслуживания запросов пользователей i -го типа являются длительности их выполнения (T_{rki} , $i = \overline{1, 3}$). РН обычно характеризуются некоторым объемом работ, создаваемым совокупностью элементов работы. Под элементами работы понимается либо выполнение пользовательского процесса на ресур-

се г, либо взаимодействие пользовательских и системных процессов с использованием ресурсов ЛВС. Поэтому РН на ЛВС представляет собой совокупность задач и данных, которые обрабатываются ЛВС в течение интервала исследования ($T_{ис}$). Атрибутами запросов пользователя являются: тип пользователя (i), номер процесса (j), тип используемого ресурса ($г$), объем ресурса (t_r или V_r).

На узлах ЛВС обычно решается конечный набор $ПМ_j$, которые взаимосвязаны в виде $GRPM_j$. Предполагаем, что количество MBD_{ij} в ИБД также типовое для конкретного информационного предприятия (ИИП), а ресурсов имеется всего 7 типов. В качестве первого приближения при исследовании ВП в узлах ЛВС с распределенной ИБД нами было выделено семь типов модулей $ПМ_j$.

Основными характеристиками организации ВП в ЛВС являются коэффициенты использования $ПМ_j$ следующих ресурсов ЛВС: процессора РС (η_{CPU}), дисковой памяти (η_{HDD}), общей памяти (η_{MEM}), видеосистемы (η_{VID}), СПД (η_{NET}), процессора сервера (η_{SERV}). Дополнительными характеристиками качества сбалансированности или наличия узких мест в ВП являются: средняя длина очереди к $г$ -му ресурсу ($l_{очг}$); среднее время ожидания требований в очереди к $г$ -му ресурсу ($t_{ожг}$); удельный вес числа требований, побывавших в очереди к $г$ -му ресурсу ($\gamma_{очг}$).

3. Средства и методика исследования ВП и РН на ЛВС

Исследование ВП и РН на узлах ЛВС можно проводить либо с помощью натуральных экспериментов (НЭ) на функционирующей ЛВС, либо с помощью имитационного эксперимента (ИЭ), либо путем комбинации НЭ и ИЭ. Для решения проблемы отсутствия средств измерения большинства параметров и откликов системы был разработан программно-технологический комплекс исследования (ПТКИ), обеспечивающий автоматизацию основных этапов исследований при решении перечисленных задач. Структурно ПТКИ состоит из трех групп программного обеспечения: базового, проблемно-ориентированного технологического; исследования и адаптации ВП под РН. Базовое ПО включает в себя стандартный пакет статистической обработки данных STATISTIKA, систему автоматизации моделирования (СМ MICIC) [4], процедуры обработки данных в среде MS Excel. Проблемно-ориентированное технологическое обеспечение реализовано на базе трех подсистем: испытания имитационных моделей ВП и РН (ISPIM); компоновки ИМ ЛВС из библиотеки параметризованных описаний компонентов; имитационных моделей вариантов организации ЛВС (LIV.IMIT). ПО исследования и адаптации ВП под РН включает в себя систему мониторинга реального ВП и РН (SYSMON); подсистему постановки управляемого натурального эксперимента с реальной ЛВС (MODELTEST); подсистему обработки и отображения журналов статистики (LOGVIEW); библиотеку процедур анализа результатов НЭ и ИЭ на ЭВМ (RECHEN).

Выбор рациональных вариантов организации ВП при заданной РН на ЛВС осуществляется при соблюдении следующих принципов выбора.

1. Фиксация структуры РН. На все время исследований РН представляется фиксированными значениями матриц, указывающими фактические значения переходов графа, определяющего структуру ИБД ($GRBD_{ij}$, $GRRV_{ij}$) и структуру связей $ПМ_j$ ($GRPM_{ij}$, $GRRt_{ij}$).

2. Полумарковское представление моделей РН на узлы ЛВС. Для этой цели определяются матрицы вероятностей смен $ПМ_j \parallel P_{kj}$ и распределений квантов времен их выполнения на CPU (t_{kj}).

3. Последовательный характер изменения параметров ВП и РН. Фиксация всех параметров в центральной точке области изменения параметров и поочередное изменение компонент вектора – интенсивности запросов пользователей (λ_i); размеров ресурсов памяти и ИБД (V_{MEM} , $V_{ИБД}$); скоростей обработки информации (ϑ_{CPU} , ϑ_{SER} , ϑ_{HDD}).

4. Рассмотрение нескольких стратегий вычисления обобщенного показателя эффективности ВП e_{ik} на основе различных комбинаций весовых коэффициентов δ_i , сумма которых равна единице:
$$e_{ik} = \sum_l \delta_l * \eta_{il}.$$

5. Составление групп комбинаций интенсивностей λ_i , позволяющее адаптировать параметры ВП в условиях неопределенности состояний РН на узлах ЛВС.

6. Принятие решений на основе классических критериев (с точки зрения пессимиста, оптимиста, нейтралитета, сожалений Севиджа); позволяющих более обоснованно выбрать рациональный состав параметров ресурсов из ограниченного числа возможных их комбинаций.

4. Результаты апробации ПТКИ и методик его применения

Исследования проводились для трех типов ОС: Windows'95, Windows'98, Windows'ME.

С помощью процедуры ADNATU были исследованы зависимости откликов ВП и РН на ЛВС от изменения параметров ВП. Исследованиями был установлен нелинейный характер зависимости t_{OBSj} от V_{OZU} . Была установлена близость значений параметров t_{OBS} для ОС Windows'95 и Windows'98 и существенно большее значение времени работы ПМ_j наблюдалось в среде Windows'ME. Выявлено также, что РН при апробации ПТКИ использовала ресурс MEM незначительно. Прослеживается тенденция, что для всех ПМ_j, находящихся в среде ОС Win98, времена обслуживания минимальны. Явно медленно выполняются задачи в Windows'ME, что обусловлено недостаточностью ресурсов ЛВС для работы системных процессов. При увеличении ϑ_{CPU} наблюдается снижение t_{OBSij} . Установлен факт устойчивости значений t_{OBSij} для всех типов ОС, что делает обоснованным использование распределения $F_{ij}(t_{OBS})$ в качестве инвариантов РН.

При апробации ПТКИ был поставлен НЭ из 24 вариантов сочетаний трех параметров ВП: тип ОС; V_{OZU} ; ϑ_{CPU} . Было установлено, что изменение параметров V_{OZU} и ϑ_{CPU} не оказывает существенного влияния на качество обслуживания диалоговых задач ($T_{ЖД}$) и загрузки основного оборудования узла ЛВС (η_{CPU} и η_{HDD}) для рассмотренных типов ОС. Это означает, что отклики системы (η_{CPU} и η_{HDD}) имеют установившийся характер для исследуемых типов ОС и, таким образом, все варианты равнозначны. Отметим, что загрузка CPU различна для разных типов ОС. Так, например, η_{CPU} у ОС Win98 максимален, а у ОС Win95 η_{CPU} минимален. По загрузке дисковой памяти η_{HDD} имеет место следующая ранжировка (по убыванию) ОС: Win95, WinME, Win98. Время реакции системы на запросы диалоговых пользователей ($T_{ЖД}$) минимально для ОС Win98 и максимально для ОС WinME.

Поскольку отклик системы является вектором из пяти компонент (η_{CPU} , η_{HDD} , $T_{ЖД}$, $i = \overline{1, 3}$), то для вычисления интегрального показателя использовался метод весовых коэффициентов:
$$e_{il} = \eta_{CPU} \delta_{1i} + \eta_{HDD} \delta_{2i} + \rho_1 \delta_{3i},$$
 где $\rho_1 = q_1 / q_{max}$; $q_1 = 1/T_{ЖД}$; $0 \leq \rho_1 \leq 1$; $i = \overline{1, 6}$ (шесть стратегий изменения весовых коэффициентов); $l = \overline{1, 24}$ (номера вариантов сочетаний параметров ВП).

В зависимости от точки зрения исследователя при выборе весовых коэффициентов (6) различные варианты могут считаться рациональными, поскольку значение обобщенного показателя может изменяться в 2 раза. Таким образом, в ходе апробации ПТКИ рациональной оказалась следующая комбинация ресурсов узла ЛВС: $V_{OZU} = 96$ Мбайт, $\vartheta_{CPU} = (5,5 \times 75)$ МГц.

Поскольку возможности изменения аппаратной базы при апробации ПТКИ были ограничены, то для уточнения характеристик системы было принято решение продолжить исследования на ИМ ВП и РН на узел ЛВС. При этом параметры, влияющие на ВП и качество обслуживания РН, были изменены. Вместо V_{OZU} был введен параметр размер ИБД ($V_{ИБД}$). Менялась также в широких пределах интенсивность диалоговых запросов (λ_d). Интенсивно-

сти фоновых (λ_f) и транзитных запросов (λ_t) были установлены постоянными в центре области рабочей зоны исследований. Увеличивалось (по сравнению с НЭ) и число откликов системы: η_{CPU} , η_{HDD} , $T_{жд}$, $T_{жт}$, $T_{жф}$. Параметр λ_d изменялся на 5 уровнях его возможных значений. Скорость CPU (ϑ_{CPU}) изменялась на 5 уровнях, а $V_{ИБД}$ соответствовал 3 типоразмерам ИБД. В качестве исходной информации при задании структуры РН использовались инварианты РН, полученные с помощью ПТКИ. Была доказана адекватность ИМ ВП и РН реальному узлу ЛВС. Величина ошибки моделирования не превышала 8%, причем львиную долю (5%) в этой ошибке занимала ошибка измерений инвариантов задач пользователей. Доказана была также устойчивость ИМ ВП и РН, а также оценена чувствительность откликов модели к вариациям параметров ВП и РН. По результатам ИЭ можно сделать следующие выводы.

1. Все параметры качества обслуживания пользователя ($T_{жд}$, $T_{жт}$, $T_{жф}$) слабо зависят от интенсивности поступления диалоговых запросов (λ_d) в области сбалансированности РН. Установлен экспоненциальный характер $T_{жт}$ от ϑ_{CPU} . Этот факт позволяет использовать аппарат аналитического моделирования для прогноза возможных значений характеристик ВП без ИЭ.
2. Величина отклика $T_{жт}$ существенно зависит от ϑ_{CPU} , и эта зависимость носит устойчивый характер, что совпадает с результатами НЭ.
3. Для заданного класса задач и выбранных интенсивностей диалоговых запросов пользователей λ_d размеры ИБД не существенно влияют на загрузку оборудования и качество обслуживания пользователей.

5. Заключение

Результаты апробации ПТКИ и методик его использования подтвердили их практическую значимость для адаптации ВП под имеющуюся РН на ЛВС. Для изучения сетевых аспектов организации обработки информации в ЛВС необходимо было бы расширение состава структуры ИМ ЛВС, с помощью ПТКИ имеется возможность реализации подобных исследований. Поэтому можно утверждать, что ПТКИ и методика его использования имеют хорошую перспективу развития именно из-за ресурсоэкономности и высокой технологичности реализации процедур проектного моделирования ЛВС.

Abstract

Formalization principles for computing and a working load in a local computing net have been given. We described a software-technological investigation complex and techniques for its use. Approbation results and techniques for selection of computing rational variants are given.

Литература

1. Е.Ю.Зайченко, Анализ и синтез структуры глобальных вычислительных сетей, Ки-ЗАО "Укрспецмонтажпроект", 1998.
2. О.М.Тихоненко, Теория массового обслуживания, Мн.: ВУЗ, ЮНИТИ БГПА, 1999.
3. А.В.Воруев, О.М.Демиденко, В.А.Никишаев, И.В.Агеенко, Мониторинг операционной обстановки вычислительного процесса в мультизадачных операционных системах, Автоматика-2000: Материалы Международной конференции автоматического управления (Укр.), Державний НДІ інформаційної інфраструктури, 7, Львов, 2000, С. 13-20.
4. О.М.Демиденко, И.В.Максимей, Имитационное моделирование взаимодействия процессов в локальных вычислительных сетях, Мн.: Беларуская навука, 2001.