

ТЕХНОЛОГИЯ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ НАГРУЗКИ НА УЗЛАХ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

1. Введение

Проблеме исследования локальных вычислительных сетей (ЛВС) посвящено много работ [1, 5]. Большинство из этих исследований проводятся аналитическими методами, требующими выполнения ряда существенных ограничений на вычислительный процесс (ВП) и рабочую нагрузку (РН). Однако на практике эти ограничения не выполняются, и исследователи вынуждены переходить к натурным экспериментам (НЭ) с последующим применением имитационных моделей (ИМ) вариантов организации обработки информации в ЛВС. Для постановки имитационных экспериментов (ИЭ) необходимо задание реальной статистики о характере и структуре РН на ЛВС [3, 4]. Эту информацию можно получить только при использовании систем мониторинга в ходе НЭ. Существующие средства мониторинга [2, 4] ориентированы на устаревшую вычислительную технику (ВТ) и соответствующее ей программное обеспечение (ПО) организации обработки информации в ВС.

При анализе организации обработки на ЛВС, реализованных на современной ВТ и использующих передовые информационные технологии (ИТ) обслуживания пользователей сети, исследователь зачастую испытывает множество трудностей. Во-первых, отсутствуют доступные широкому кругу специалистов методики и средства их реализации при организации мониторинга параметров ВП и РН на ЛВС. Фирмы, поставляющие на рынок программной продукции ПО и ВТ, использующие современные ИТ, 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. Проблемам же собственно организации ВП и РН на узел ЛВС уделено недостаточно внимания в силу необходимости рассматривать ВП в узлах ЛВС на высоком уровне детализации, что не позволяет аналитические методы моделирования. Отсутствие средств измерения параметров ВП и РН, представленных на высоком уровне детализации, не позволяет использовать имитацию для исследования динамики организации обработки информации в ЛВС. Эти две причины определяют актуальность разработки средств мониторинга параметров ВП и РН для ЛВС, работающих под управлением операционных систем (ОС) на современной ВТ.

Исходя из актуальности проблемы, была разработана система мониторинга параметров ВП и РН на узел ЛВС. Система мониторинга SYSMON и технология ее использования были апробированы в условиях ЛВС Гомельского госуниверситета им. Ф. Скорины. В ходе апробации были определены технологические характеристики разработанной авторами системы мониторинга параметров ВП и РН.

2. Формализация вычислительного процесса и рабочей нагрузки

ЛВС представляется состоящей из традиционного состава компонентов, главной из которой является персональный компьютер (ПК), имеющий в качестве ОС Windows. Декомпозиция ПК на компоненты соответствует аппаратным частям ПК: процессор (CPU), жесткий диск (HDD), видеоконтроллер (Video), сетевой адаптер (NET), оперативная память (Mem). Все эти компоненты считаются ресурсами ПК. ПО ПК находит свое отражение в алгоритмах функционирования компонент, реализованных в виде отдельных процессов. Производительность ВС определяется в значительной мере степенью распараллеливания процессов обработки информации внутри нее. Параллелизм представлен в конкуренции за ресурсы ЛВС всех

процессов и наличием прерывания функционирования процессов на основе квантования. Моделирование ВП в ЛВС осуществляется под воздействием на ПК функциональных задач (ФУЗ_j) j -го пользователя. ФУЗ_j задается набором параметров. Модели ФУЗ_j являются параметрическими. Времена выполнения ФУЗ_j на ПК представляются в виде сложной функции, которая зависит от значений расчетных параметров и результатов моделирования. Сама модель ФУЗ_j описывается набором переменных, которые задаются на основе результатов НЭ на ПК, входящих в состав ЛВС. При построении ИМ ВП и РН в качестве базовой системы моделирования была выбрана MICIC [8] как обеспечивающая высокий уровень детализации моделирования процессов в ЛВС.

Обычно мониторинг ВС проводился над отдельными составляющими аппаратной базы [4], что не позволяло получить общей картины системы в целом и жестко зависело от особенностей внутренней архитектуры оборудования. Для устранения этого недостатка в мониторинг включаются только основные характеристики ЛВС, наиболее сильно влияющие на ход ВП. Поэтому концептуальная модель представляет собой упрощенное алгоритмическое отображение реальной системы. Сложная система представляется в виде многоуровневой конструкции взаимосвязанных элементов, объединенных в подсистемы различных уровней. При этом рассматриваются следующие аспекты отражения реальных процессов: последовательность состояний решаемой задачи, функционирование ОС, разделение ресурсов процессами. ВП в ЛВС рассматривается на четырех уровнях представления по их возможности декомпозиции на части и по связям между этими частями: сетевое взаимодействие, укрупненные программные модули, выполняемые функции и отображение процесса использования ресурсов системы.

Сетевое взаимодействие представляется в виде отдельных составляющих (узлов ЛВС), которые взаимодействуют через общее устройство обслуживания (среда передачи данных). К функциям узла относятся обслуживание внутренних запросов (диалоговых и фоновых соответственно с интенсивностями λ_d и λ_m) и запросов, поступающих извне (транзитные с интенсивностью λ_t). Отличие внешних запросов от внутренних заключается только в их маршруте продвижения. Рождаясь в обычном узле, они проходят через сеть, обслуживаются на узле-сервере и вновь возвращаются через сеть на узел-родитель. Все функции сборки-разборки пакетов вынесены за границы узла в системы передачи данных. Поэтому считается, что узел передает в сеть целый запрос, затрачивая на это время t_{wn} , и через интервал времени t_{rn} получает из сети ответ также целым. При организации мониторинга взаимодействия узлов ЛВС основное внимание уделяется топологии сети, методу доступа к среде передачи данных, скорости передачи информации по сети. Выбор был сделан на сети Ethernet, имеющей скорость передачи 10Мбит/с и шинную топологию (звезда-шина). В рамках этого выбора ЛВС представляются как взаимодействие равноправных узлов сети, объединенных общей средой передачи данных. При этом любой из узлов ЛВС может являться как сервером, так и клиентом в ЛВС. Система мониторинга отслеживает только запросы на сетевое обслуживание дисков, поскольку большинство операций по обслуживанию запросов, пришедших из сети, используют одни и те же функции ОС, что и локальные запросы. Поэтому идентифицировать и отделять их от процессов собственной ОС практически невозможно. С другой стороны, все выполняемые процессы используют память на жестком диске и операции обращения к диску можно идентифицировать. И уже по ним определяется, является ли запрос сетевым или канальным для данного узла ЛВС.

На уровне **укрупненных программных модулей** каждому программному модулю (ПМ_j) выделяется совокупность ресурсов для его выполнения, что определяет время жизни программных модулей $T_{жj}$ от момента зарождения заказа на него (t_{nj}) и до окончания его обслуживания. Для представления информационной базы данных (ИБД), которая может быть и распределенной по сети, используется граф базы данных (GRB), узлами которого являются модули ИБД, а дуги между ними определяют связи между модулями ИБД. Структура этих связей определяется матрицей связей ($M(S_{nk})$). Другим примером укрупненного модуля являются части ОС, обслуживающие определенные группы либо запросов пользователей, либо сигналы

оборудования ЛВС. Мониторинг взаимодействия программных компонент в ОС Windows осуществляется путем фиксации моментов передач управления и порождения процессов. Процессы обладают правами пользования всеми ресурсами системы и не обладают информацией о параллельно действующих пользовательских процессах. Этим достигается защита от воздействия процессов друг на друга. Вычислительный процесс в многозадачной ВС состоит из периодических передач ОС прав пользования ресурсами системы от процесса к процессу. На рис. 1 представлена структура временных интервалов обслуживания процессов ресурсами ЛВС, фиксируемых системой мониторинга.

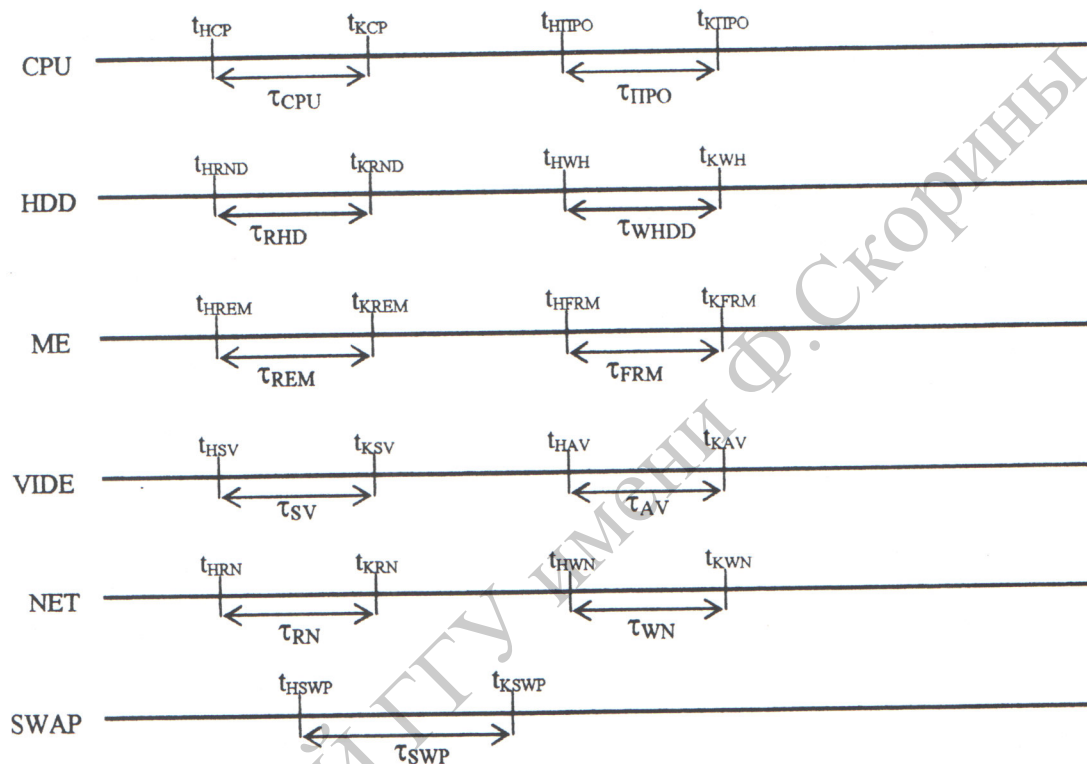


Рис. 1. Структура временных интервалов обслуживания процессов ресурсами ВС

Обозначения имеют следующий смысл:

- τ_{CPU} – интервал обслуживания процесса устройством CPU;
- τ_{TPO} – простой ВП узла ЛВС;
- τ_{RHD} – чтение с устройства HDD;
- τ_{WHDD} – запись на устройство HDD;
- τ_{REM} – резервирование блока памяти на устройстве MEM;
- τ_{FRM} – освобождение блока памяти на устройстве MEM;
- τ_{SV} – операция синхронного видео на устройстве VIDEO;
- τ_{AV} – операция асинхронного видео на устройстве VIDEO;
- τ_{RN} – операция сетевого чтения через устройство NET;
- τ_{WN} – операция сетевой записи через устройство NET;
- τ_{SWP} – своппинговые операции.

На уровне **выполняемых функций** каждый ПМ_j разбивается на последовательность единичных функциональных действий длительностью τ_{obj} , каждое из которых представляет собой группу элементарных

операций на уровне запросов к основным компонентам ЛВС, что в сумме определяет единичный интервал времени t_{obj} . Каждому классу запросов присваивается соответствующая комбинация элементарных операций.

Уровень отображения процесса использования ресурсов системы позволяет получить коэффициенты использования PM_j следующих ресурсов системы: процессоры (η_{CPU}), дисковая память (η_{HDD}), общая память (η_{MEM}), видеосистемы (η_{VIDEO}), системы передачи данных (η_{NET}). Сюда также относится отображение динамики использования ресурсов ЛВС при конкуренции PM_j . Для всех типов ресурсов ЛВС определяются следующие основные характеристики динамики их перехода из состояния в состояние: вероятность перехода процесса k с ресурса i на ресурс l (P_{kil} , $i \neq j$, $i, l = CPU + NET$); загруженность ресурса (η_i), среднее время работы процесса k на ресурсе i (t_{ki}). ПО представляется в виде совокупности процессов. Поскольку многозадачность и распараллеливание процессов в ЛВС реализуются на основе квантования времени использования процессами ресурсов системы, то при мониторинге важно определить закон распределения кванта времени (t_{kv}), являющегося функцией частоты смен состояний ЛВС $n(t)$. ОС представляется совокупностью системных процессов (1-го уровня - System, 2-го уровня - программы системной обработки, например, Explorer). Для системных процессов определяется частота вызовов системных процессов первого уровня (n_{sys1}), используемая в дальнейшем для анализа текущей операционной обстановки. Взаимодействие компонентов ЛВС представляется выполнением процессов на ресурсах ЛВС в условиях их конкуренции за эти ресурсы. Параметрами этого взаимодействия являются:

- матрица средних времен выполнения процесса k на ресурсе i ($M(t_{ki})$);
- матрица вероятностей переходов процесса по ресурсам ЛВС $M(P_{kil})$.

С помощью этих двух параметров появляется возможность полумарковского представления динамики использования ресурсов ЛВС.

Итак, на данном уровне представления ВП в узле сети РН представляет собой поток задач, каждая из которых декомпозируется в виде графа, узлами которого является PM_{ij} (i - номер пользователя, j - номер типа модуля), а дуги определяются вектором $Vect(PM_{ij})$.

3. Концептуальная модель использования ресурсов узла ЛВС запросами пользователей

Узел ЛВС состоит из традиционного состава компонентов: центральный процессор (CPU), жесткий диск (HDD), видеоконтроллер (VID), сетевой адаптер (NET), оперативная память (MEM). Все эти компоненты считаются ресурсами узла ЛВС. ВП в узле ЛВС реализуется взаимодействием использования этих ресурсов операционной системой (ОС) и множества параллельных процессов, порождаемых запросами пользователей ЛВС. Параллелизм процессов в узле ЛВС представлен их конкуренцией за ресурсы ЛВС и наличием прерывания функционирования процессов на CPU на основе алгоритмов квантования.

Каждый из процессов можно описать многоуровневым графом их реализации GRPR. На верхнем уровне иерархии этого графа представлено взаимодействие программных модулей PM_j , каждый из которых реализует типовой набор функций. В качестве первого приближения будем считать, что число PM_j ограничено семью типами: ввод информации ($j=1$); обработка информации в информационной базе данных (ИБД) ($j=2$); корректировка информации в ИБД ($j=3$); удаление информации из ИБД ($j=4$); формирование отчетов по ИБД ($j=5$); печать информации из ИБД ($j=6$); проведение математических расчетов без обращения к ИБД ($j=7$). Безусловно, состав типов PM_j можно расширить. На втором уровне иерархии каждый PM_j может обращаться к ИБД, расположенной на HDD. Характер и последовательность этого обращения определяются графом $GRBD_j$, который описывает порядок вызова модулей ИБД (MBD_{jks}), каждый из которых соответствует типовому файлу записей в ИБД. Также считаем, что число типов файлов в ИБД ограничено ($k \leq 10$).

Итак, поток запросов пользователей декомпозируется в виде двухуровневого графа, узлами которого на верхнем уровне являются PM_j , а на нижнем уровне каждый PM_j представлен $GRBD_j$, узлами которого суть MBD_k . Предполагая возможность представления процессов, порождаемых пользователями i -го типа в виде

двух вложенных друг в друга полумарковских моделей, при описании концептуальной модели РН необходимо задание следующей информации.

Для описания графа верхнего уровня $GRPM_i$ задается:

$\|P_{ij}\|$ - матрица вероятностей следования модуля PM_j за модулем PM_i ;

$\|F_i t_{ij}\|$ - матрица, компонентами которой являются функции распределения длительностей квантов использования CPU PM_j при условии, что перед этим выполнялся PM_i ;

$\|P_{ij}^0\|$ - вектор вероятностей того, что процесс i -го пользователя начинается с PM_j ;

n_i - количество PM_j , реализуемых в составе $GRPM_i$ за один заказ пользователя i -го типа.

При описании графа нижнего уровня $GRBD_j$ задается:

$\|q_{jks}\|$ - матрица вероятностей следования модуля MBD_s за модулем MBD_k при выполнении PM_j ;

$\|\Phi_j V_{ks}\|$ - матрица, компонентами которой являются функции распределения объемов информации в MBD_s при условии, что перед этим PM_j использовал MBD_k ;

$\|q_{js}^0\|$ - вектор вероятностей того, что обращение PM_j к ИБД начинается с MBD_s ;

$\|v_j^0\|$ - количество MBD_s , реализуемых в составе $GRBD_j$ за одно обращение PM_j к ИБД.

Все эти характеристики в совокупности описывают структуру РН. Параметрами РН будем считать интенсивности поступления запросов пользователей i -го типа (λ_i).

Сам ВП в ЛВС также представляется в концептуальной модели четырехуровневой конструкцией взаимосвязанного использования ресурсов узла ЛВС: сетевое взаимодействие, укрупненные программные модули, выполняемые функции, расход ресурсов. Сетевое взаимодействие представляется в виде отдельных узлов ЛВС, взаимодействующих через среду передачи данных. К функциям узла относится обслуживание внутренних и внешних запросов. Внешние запросы с интенсивностью λ_z , рождаясь в каком-либо узле, проходят через сеть, обслуживаются на узле-сервере и вновь возвращаются через сеть на узел-родитель. Все функции сборки-разборки пакетов информации в данной модели ВП вынесены за границы узла в систему передачи данных (СПД). Поэтому считаем, что узел передает в сеть целый запрос, затрачивая при этом интервал времени τ_{wN} , и получает из сети ответ также целым через интервал времени τ_{rN} . При изучении этого уровня ЛВС основное внимание уделяется топологии сети, методам доступа к СПД, скорости передачи информации по сети. На уровне программных модулей каждому PM_j выделяется совокупность ресурсов для его выполнения. Этот процесс описывается двухъярусным графом ($GRPM_i$ и $GRBD_j$). В этих графах узлами являются соответственно PM_j и MBD_k , а дуги определяют связи между ними. На уровне выполняемых функций каждый PM_j разбивается на последовательность единичных функциональных действий (элементарных операций) длительностью t_{dj} . Уровень отображения процесса использования ресурсов узла ЛВС описывается коэффициентами использования PM_j его ресурсов: CPU (η_{CPU}), HDD (η_{HDD}), MEM (η_{MEM}), видеосистемы (η_{VID}), СПД (η_{NET}).

Дополнительными характеристиками организации ВП в ЛВС являются длины и времена ожидания в очередях запросов пользователей за ресурсами h -го типа ($l_{охh}$ и $t_{ожh}$), удельный вес количества запросов обслуженных без очереди на h -м типе ресурсов (γ_h). Ранжируя ресурсы по убыванию значений ($l_{охh}$, $t_{ожh}$ и γ_h),

можно выделить узкие места в ВП, а также оценить сбалансированность процессов обработки информации в данном варианте организации ВП.

4. Программное обеспечение анализа ВП и РН на ЛВС

Приведенные модели ВП и РН по своей сути являются полумарковскими. Для определения параметров этих моделей был разработан программно-технологический комплекс (ПТКИ) исследования, состоящий из трех групп подсистем: базовое программное обеспечение (БПО), технологическое обеспечение исследователя (ТОИ), средства измерения и анализа параметров ВП и РН (СИА).

БПО включает в себя систему автоматизации моделирования CM MICIC [8], пакет статистической обработки данных STATISTIKA [8], набор процедур обработки данных в среде MS Excel. В ТОИ входят библиотеки параметризованных моделей ВП и РН (LIB.MODEL), компонентов оборудования и программного обеспечения ЛВС (LIB.COMPON), параметризованных имитаторов РН на ЛВС (LIB.IMRN), испытания и исследования свойств ИМ (LIB.ISPIM).

СИА включает в себя следующие подсистемы: постановки управляемого натурального эксперимента с ЛВС (MODLTEST); мониторинга параметров ВП и РН на ЛВС (SYSMON); обработки, анализа и отображения журналов статистики о поведении компонентов узла ЛВС (LOG VIEW); анализа результатов натурального и имитационного эксперимента (ANALIZ). Функциональное назначение и возможности БПО и ТОИ достаточно подробно описаны в [7]. Поэтому в данной работе остановимся только на функциональных возможностях СИА.

SYSMON [8] реализует функции: отслеживания системных событий, сопоставление их процессам, периодическую запись статистики измерения параметров ВП и РН на диск. В качестве системных выступают события переключения потоков в ОС, обращения к диску, использования виртуальной памяти, графические операции. SYSMON состоит из трех модулей: перехвата системных событий (MS1), идентификации процессов (MS2), сбора и накопления статистики (MS3). MS1 является драйвером, который перехватывает управление у ОС Windows при выполнении системных событий. Драйвер использует буфер в оперативной памяти. MS2 представляет собой динамически загружаемую библиотеку, содержащую системные "ловушки", загружаемые в адресное пространство каждого процесса. Основной модуль MS3 работает постоянно в фоновом режиме. При инициализации MS3 реализуются операции загрузки драйвера SYSMON и модуля идентификации процессов. MS3 первым инициализируется и устанавливается в меню автозагрузки ОС Windows. Периодическое считывание данных из локального буфера статистики MS3 производит в режиме реального времени каждую секунду. MS3 регистрирует появление в системе "ловушки", отвечающей за идентификацию процессов в системе. При запуске нового процесса MS3 получает все сведения о нем. После каждого считывания данных из драйвера происходит преобразование идентификаторов с помощью таблицы соответствия.

MODELTEST представляет программу-эмулятор РН, реализующий взаимодействие пользователя с системой согласно заданному плану управляемого натурального эксперимента (УНЭ). Детерминированный характер реализации каждого ПМ_i, вызываемого MODELTEST, обеспечивает относительное постоянство РН при реализации УНЭ. Диспетчер ОС Windows с помощью MODELTEST реализует обращение к ПМ_i согласно графу GR_i. Однако работа самих ПМ_i стандартизирована набором типовых функций модуля.

LOGVIEW представляет возможность настройки SYSMON на следующие виды отображения данных:

- общий отчет в виде трассы событий без детализации информации по отдельным процессам, позволяющий анализировать общую загрузку ресурсов ЛВС;
- подробная трасса реализации процесса, позволяющая определить постоянный класс задач, решаемых на узле ЛВС;
- диаграммы переходов процессов из состояния в состояние;
- отчет о наличии и завершении операций пользователя;
- диаграммы выполнения операций чтения и записи в ИБД в сети.

ANALIZ включает в себя следующие группы процедур:

- проверки целесообразности проведения адаптации ВП под РН на узлах ЛВС (CELESOB);
- организации адаптационных работ в режиме натурального эксперимента на реальной ЛВС (ADNATU);
- задания исходной информации параметризованным моделям РН (ZAPITN);
- установки фактических значений параметрам моделей ВП (FACPAR);
- испытания и исследования свойств ИМ ЛВС (ISPSIM);
- организации адаптационных работ в режиме ИЭ (ADIMIT);
- принятия решения о модификации состава оборудования и выбора ОС на основе классических критериев принятия решений в условиях неопределенности и риска (PRRECH).

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

5. Методика использования ПО анализа ВП при исследовании и адаптации ВП под РН на ЛВС

Исследование и настройка ВП под РН на узлах ЛВС осуществляется следующей последовательностью этапов:

1. Постановка ННЭ для изучения структуры РН и определения целесообразности проведения адаптационных работ с помощью SYSMON и CELESOB.
2. Постановка УНЭ при адаптации ресурсов реальной ЛВС к требованиям РН с помощью SYSMON, MODELTEST, ADNATU, CELESOB.
3. Выбор или построение ИМ для исследования ВП.

Если ИМ необходимого состава и структуры имеется в библиотеке моделей LIB.LVS, то с помощью процедуры ZAPITN устанавливается исходная информация для имитации. Затем с помощью FACPAR задаются фактические значения параметров для постановки ИЭ. После верификации ИМ с помощью процедур ISPM по известным методикам [7] получают рабочий вариант ИМ ВП и РН на узлах ЛВС. Если же нужная ИМ отсутствует в библиотеке LIB.LVS, то производится компоновка новой модели в среде CM MICIC [6]. По завершении отладки этой ИМ, она включается в состав LIB.LVS. Далее исследования проводятся по уже описанной технологии.

4. Постановка ИЭ при адаптации ВП на IMLVS к требованиям РН на узел ЛВС проводится с помощью ADIMIT, PRRECH и CM MICIC.

Основной целью этапа 1 является получение графа передач управления между процессами в виде матриц вероятностей переходов. Кроме того, оцениваются затраты ресурсов ЛВС (η_{CPU} , η_{HDD}) и времени ответа системы на запросы пользователей ($T_{ж}$). Расчеты с помощью процедур CELESOB могут дать ответ о возможности максимизации значений компонент вектора откликов (η_{CPU} , η_{HDD} , $1/T_{ж}$) за счет модификации параметров оборудования (V_{MEM} , M_{CPU} , $U_{BШ}$), а также выбора типа (TOS) ОС Windows.

На этапе 2 серия УНЭ проводится путем независимых выполнений ПМ_j, рождаемых с помощью MODELTEST. Эта программа генерирует запросы пользователей с постоянной интенсивностью λ_i и постоянным временем ответа пользователей (τ_{OBCi}). Подсистема ADNATU позволяет использовать шесть стратегий вычисления обобщенного критерия θ_{Is} по значениям компонент вектора откликов:

$$\theta_{Is} = \eta_{CPU_{Is}} \delta_1 + \eta_{HDD_{Is}} \delta_2 + \rho_{Is} \delta_3;$$

$$\text{где } \rho_{Is} = \frac{q_{Is}}{q_{\max}}; \quad q_{Is} = \frac{1}{T_{жIs}}; \quad 0 \leq \rho_{Is} \leq 1;$$

$s=1,15$ - номера уровней изменения откликов с номерами $l=1,3$;

δ_i – весовые коэффициенты $i=1,3$.

Выбор оптимальной стратегии проводится по пяти типам критериев:

- усредненная оценка $\max_s(e_{ls} = \frac{1}{2}(\max_l e_{ls} + \min_l e_{ls}));$
- оптимистическая оценка $\max_s(e_{ls} = \max_l e_{ls});$
- пессимистическая оценка $\max_s(e_{ls} = \min_l e_{ls});$
- оценка нейтралитета $\max_s(e_{ls} = \frac{1}{3} \sum_{l=1}^3 e_{ls});$
- критерий "сожалений" Севиджа $\min_s(e_{ls} = \max_l (\max_s e_{ls} - e_{ls})).$

Задача исследования ВП и РН на ЛВС на этапе 2 ставится следующим образом. Надо найти такое сочетание компонент вектора параметров (тип ОС, V_{O3y} , ϑ_{CPU}), которое обеспечит максимум критерия Θ_s по каждой из шести стратегий выбора весовых коэффициентов.

На этапе 3 с помощью IMLVS и процедуры ADMIT реализуется ИЭ. Для достижения одинаковых условий с НЭ в IMLVS фиксируются значения параметров интенсивности в центре рабочей области параметров моделирования. В качестве переменных параметров ИМ используются размер ИБД ($V_{ИБД}$), интенсивность диалоговых запросов (λ_d), скорость CPU (ϑ_{CPU}). В ИМ состав компонент вектора откликов можно расширить τ_{CPU} , η_{HDD} , $T_{ж}$. Каждый из вариантов ИЭ реализуется в среде CM MICIC. Далее с помощью процедуры PREECH реализуется пересчет векторных характеристик в скаляр Θ_s с использованием весовых коэффициентов δ_i , $i=1,5$. Выбор рациональной стратегии при задании весовых коэффициентов аналогичен адаптации при НЭ.

6. Результаты апробации ПО и методики его использования при исследовании ВП и РН на ЛВС

Апробация ПО включала оценку технологических характеристик и проходила в условиях Гомельского госуниверситета им. Ф. Скорины. Персональные компьютеры (ПК) разных конфигураций были объединены в ЛВС в рамках одного домена сети Ethernet. На исследование было израсходовано 300 часов машинного времени. Основные технологические характеристики ПО оказались равными:

- накладные расходы SYSMON $\Delta_{SYSMON}=1,9\%$;
- среднее значение коэффициента загрузки HDD $\Delta_{HDD}=7\%$;
- размер потребляемой памяти $V_{MEM\ SYS}=256K$ байт;
- максимальная скорость потребления ПО дисковой памяти для хранения журнала SYSMON составила 10 Мб/час;
- информативность SYSMON $I_{SYSMON}=90\%$.

Вначале был поставлен натурный неуправляемый эксперимент (ННЭ).

Основной целью ННЭ являлось получение графа передачи управления между процессами, рожденными РН на узел ЛВС (рис. 2). С его помощью можно анализировать структуру РН, характерную для пользователей, работающих короткими сеансами. На рис. 2 отражены переходы от процесса к процессу для разных вероятностей соответствующими видами линий. Переходы, имеющие вероятность перехода $P_{ij} \leq 0,05$, на рис. 2 не отображены. Было получено также среднее время работы процессов, изображенных на рис. 2.

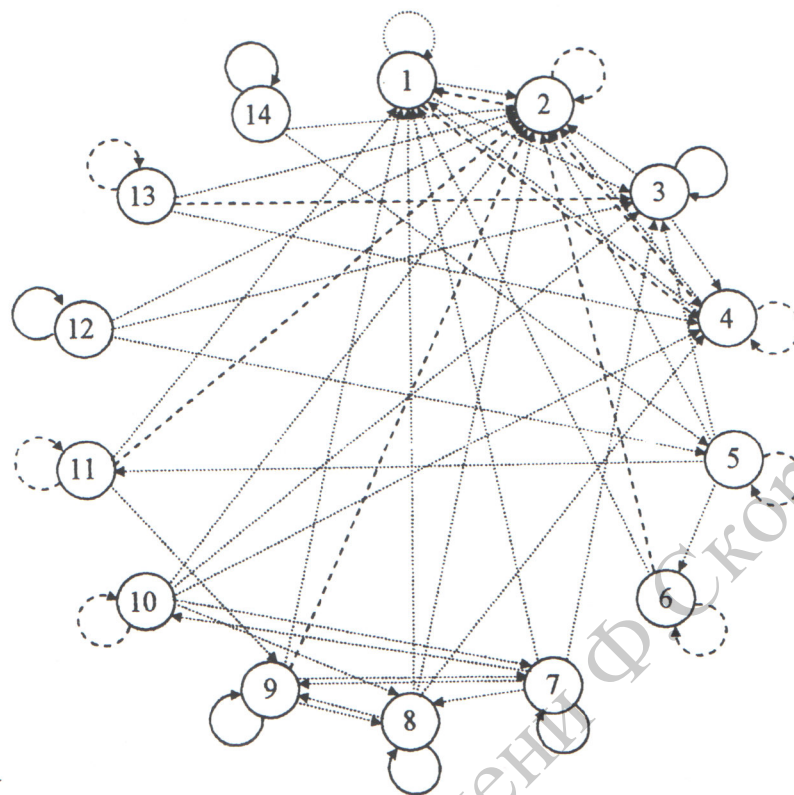


Рис. 2. Структура РН, полученная в ходе натурального неуправляемого эксперимента

В зависимости от величины вероятностей переходы помечены следующим образом:

- $P_{ij} \geq 0,6$ —————
 $0,6 > P_{ij} \geq 0,2$ - - - - -
 $0,2 > P_{ij} \geq 0,05$
 $P_{ij} \leq 0,05$ не отображаются

Номерам вершин соответствуют следующие типы процессов:

- | | |
|--------------|---------------|
| 1 – Unkoun | 8 – Vdtask |
| 2 – System | 9 – Systray |
| 3 – Sysmon | 10 – Nsrrer |
| 4 – Explorer | 11 – Spool32 |
| 5 – Internet | 12 – Loadwc |
| 6 – Kernel32 | 13 – Starter |
| 7 – Nsrrer | 14 – Kernel32 |

Анализ этого графа позволяет утверждать, что SYSMON достоверно отображает динамику взаимодействия процессов в ОС. Имея матрицу вероятностей переходов, полученную в результате ННЭ, сформировав табличные функции распределения времен нахождения в каждом состоянии, возможно дальнейшее исследование динамики развития ВП аппаратом полумарковских процессов либо аналитически (если длительности процессов имеют экспоненциальное распределение), либо на имитационных моделях теории массового обслуживания (когда тип распределений задан табличным образом).

Затем была проведена серия управляемых натуральных экспериментов (УНЭ), которая позволила установить следующее.

Можно констатировать, что при РН диалоговых пользователей рождается 14 типов процессов пользователей. При этом в ходе апробации установлено, что чем меньше времени CPU занимает I-й процесс

($i=1,14$), то тем более вероятно было выделение самой ОС Windows данному процессу следующего кванта времени CPU (как наиболее редко вызываемому). Этим объясняется наличие в матрице P_{iik} циклов процессов самих на себя. Это подтверждает известный факт, что ОС Windows95 распределяет ресурсы по механизму приоритета удовлетворения запросов вновь создаваемых процессов. Табл. 1 содержит значения компонентов матриц переходов. Анализ информации, представленной табл. 1, показывает, что SYSMON достоверно отображает динамику взаимодействия процессов в среде ОС "Windows".

Оценка затрат ресурсов ЛВС (η_{CPU} , η_{HDD}) и времени ответа диалогового пользователя (T_d) показала, что диапазоны изменения этих откликов от сеанса к сеансу исследований достаточно широки. Это послужило указанием для проверки целесообразности адаптационных работ. Прикидочные расчеты с помощью CELESOB показали на возможность максимизации вектора откликов (η_{CPU} , η_{HDD} , $1/T_d$) за счет выбора типа ОС Windows (TOS) и модификации параметров оборудования (V_{MEM} , M_{CPU} , $v_{БШ}$).

На этапе 2 была поставлена серия УНЭ для адаптации реальной ЛВС к требованиям РН. Для исследования использовались 3 типа ОС: Windows95, Windows98, WindowsME. Параметр $V_{OЗУ}$ менялся на следующих уровнях: 32 Мб, 64 Мб, 96 Мб, 128 Мб. Для жесткого диска характеристики оставались неизменными. Частота базовой шины менялась на трех уровнях $v_{БШ}$: 66МГц, 75МГц, 83МГц. Значения множителя CPU M_{CPU} менялись от 1,0 (для ранних моделей ПК) до 7 (для более поздних моделей ПК).

При апробации ПО значения весовых коэффициентов (для шести разных стратегий) задавались следующим образом:

- | | |
|---|---|
| 1. $\delta_1=\delta_2=\delta_3=0,33$. | 4. $\delta_1=0,6$; $\delta_2=\delta_3=0,2$. |
| 2. $\delta_1=\delta_2=0,4$; $\delta_3=0,2$. | 5. $\delta_1=0,3$; $\delta_2=0,6$; $\delta_3=0,1$. |
| 3. $\delta_1=\delta_2=0,2$; $\delta_3=0,6$. | 6. $\delta_1=0,3$; $\delta_2=0,1$; $\delta_3=0,6$. |

Всего было рассмотрено 24 варианта сочетания трех параметров. Установлено, что изменение параметров $V_{OЗУ}$ и $v_{БШ}$ не оказывает существенного влияния на отклики ЛВС для рассмотренных типов ОС. Это означало, что все варианты оборудования ЛВС были равнозначны и их отклонения находились в пределах 5%. Было установлено, что ОС Windows98 имеет более существенные времена простоя, чем остальные типы ОС, которые она компенсирует за счет более оптимальной работы с дисками.

При выборе рационального варианта конфигурации ЛВС по первым четырем критериям наблюдается значимая чувствительность к типу стратегии выбора весовых коэффициентов δ_k , $k=1,3$. Критерий Севиджа дает другие варианты рациональной комбинации ресурсов ЛВС и его можно использовать для оценки качества ВП с точки зрения пользователей. По остальным критериям лучше оценивать рациональность организации ВП с точки зрения администрации ЛВС.

Из 24 вариантов сочетания параметров ЛВС рациональными оказались следующие характеристики ресурсов узла ЛВС: TOS – Windows95; $\eta_{CPU}=5,5 \times 75$ МГц; $V_{OЗУ}=96$ Мбайт. Было установлено, что для всех трех типов ОС Windows по всем шести стратегиям значения интегрального отклика θ_k близки, колеблясь в диапазоне ошибки измерения. Для всех стратегий выбора δ_i доминирующими являются операции устройства HDD. С этой точки зрения наиболее эффективной является ОС Windows95 при максимуме скорости CPU (η_{CPU}) и объеме памяти $V_{OЗУ}=96$ Мбайт. Дополнительно было установлено, что при превышении оптимума по памяти менеджер ОС, отвечающий за распределение памяти, начинает "притормаживать" пользовательские процессы, что ведет к ухудшению откликов системы.

На этапе 3 была проведена серия ИЭ. Анализ результатов ИЭ позволил установить следующее:

1. Все отклики качества обслуживания пользователя ($T_{жф}$, $T_{жт}$, $T_{жд}$) практически не зависят от интенсивности поступления запросов диалогового пользователя в области сбалансированной РН. Зависимость

Таблица 1. Матрица функций распределения времени выполнения ПМ_j ($\|F_{ikj}(t)\|$) для диалогового пользователя (i=2)

Индекс предыдущего ПМ _k	Название модулей (ПМ _k)	Тип распределения p Среднее время выполнения	Индексы последующих ПМ _j						
			j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7
k=1	Ввод (МВВ)	$\frac{\text{тип}}{t_{ijk}}$	EXP 1520	EXP 1510	EXP 1570	EXP 1500	EXP 1500	EXP 1410	EXP 1550
k=2	Корректировка (МКО)	$\frac{\text{тип}}{t_{ijk}}$	EXP 2700	EXP 2600	EXP 2450	EXP 2720	EXP 2800	EXP 2700	EXP 2750
k=3	Формирование отчета (МФО)	$\frac{\text{тип}}{t_{ijk}}$	EXP 5000	EXP 5100	EXP 5200	EXP 5800	EXP 5500	EXP 5400	EXP 5500
k=4	Обработка информации в ИБД (МОБ)	$\frac{\text{тип}}{t_{ijk}}$	EXP 2700	EXP 2500	EXP 2800	EXP 2400	EXP 2750	EXP 2500	EXP 2500
k=5	Удаление информации из ИБД (МУД)	$\frac{\text{тип}}{t_{ijk}}$	EXP 2600	EXP 2710	EXP 2700	EXP 2700	EXP 2500	EXP 2500	EXP 2500
k=6	Печать информации (МПЕ)	$\frac{\text{тип}}{t_{ijk}}$	NOR <u>5600</u> 5400	NOR <u>5400</u> 5200	NOR <u>5500</u> 5000	NOR <u>5100</u> 4500	NOR <u>5600</u> 5000	NOR <u>5800</u> 4000	NOR <u>5600</u> 4000
k=7	Проведение математических расчетов (МСЧ)	$\frac{\text{тип}}{t_{ijk}}$	EXP 6200	EXP 6300	EXP 6700	EXP 6800	EXP 6500	EXP 6400	NOR <u>6550</u> 5000

$T_{ж} = \Phi(\vartheta_{CPU})$ имеет экспоненциальный характер. Этот факт позволяет использовать аналитические модели для анализа ВП.

2 Величина показателя $T_{ж}$ существенно зависит от ϑ_{CPU} и совпадает с данными, полученными на реальной ЛВС.

3 Размер ИБД ($V_{ибд}$) слабо влияет на величины откликов ИМ ЛВС для принятого при ИЭ состава РН.

Установлено, что доминирующим откликом следует считать качество обслуживания диалоговых пользователей. Рациональным можно считать вариант, когда $V_{ибд}$ равен максимальному значению при скорости CPU, равной $\vartheta_{CPU} = 66 \text{ МГц}$.

7. Заключение

Результаты апробации показали достаточную технологичность ПО и методики их использования. Малая ресурсоемкость инструментария и слабое влияние мониторинга на параметры ВП и РН обеспечивают хорошую перспективу применения ПО и методики адаптации ВП к РН. Ограничением на применение полученных результатов при апробации методики является то, что технические характеристики оборудования ЛВС изменялись в достаточно узком диапазоне. Несмотря на этот недостаток, очевидна перспектива расширения возможностей методики и ПО как при НЭ, так и при имитационных экспериментах для выбора рациональных вариантов организации обработки информации в ЛВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дадонов А.Г. Анализ отраслевых информационно-вычислительных сетей. - Ленинград: Судостроение, 1990. - 360 с.
2. Демуськов А.Б. Организация мониторинга параметров вычислительного процесса в комплексах и сетях ЭВМ при структурных и имитационных экспериментах: Дис. канд. техн. наук. - Гомель, 1999. - 207 с.
3. Еськова О.И. Разработка метода имитационного моделирования сетей обработки данных: Дис. канд. техн. наук. - Гомель, 1999. - 238 с.
4. Агеенко И.В. Метод и средства автоматизации исследования вычислительного процесса информационных систем в локальных вычислительных сетях: Дис. канд. техн. наук. - Гомель, 1999. - 257 с.
5. Зайченко Е.Ю. Анализ и синтез структуры глобальных вычислительных сетей. - К.: ЗАО «Укрспецмонтажпроект», 1998. - 108 с.
6. Зайченко Ю.П., Гонга Ю.В. Структурная оптимизация сетей ЭВМ. - Киев: Техника, 1986. - 168 с.
7. Филлипс Д., Гарсия-Диас А. Методы анализа сетей. - М.: Радио и связь, 1994. - 496 с.
8. Максимей И.В., Левчук В.Д., Жогаль С.П. и др. Задачи и модели исследования операций. - Часть 3: Технология имитации ЭВМ и принятия решений: Учебное пособие. - Гомель: БелГУТ, 1999. - 150 с.
9. Демиденко О.М., Максимей И.В. Проектное моделирование вычислительного процесса в локальных вычислительных сетях. - Мн.: Белорусская наука, 2001. - 252 с.