

Алгоритм адаптации пакета прикладных задач к ресурсам узла ЛВС

О. В. Быченко, О. М. Демиденко, С. Ф. Маслович, Н. Н. Кончиц, В. А. Никишаев

1. Введение

Объектом исследования является моделирование вычислительного процесса (ВП) в узле ЛВС. Целью моделирования является разработка такого порядка пропуска (ρ_m) пакетных заданий, который минимизирует общее время пропуска этого пакета на ЛВС при условии приоритетного обслуживания диалоговых и транзитных запросов к операционной системе (ОС) узла ЛВС. Наличие случайных высоко приоритетных запросов к ОС и вероятный характер пакетных запросов на ресурс центрального процессора (CPU) приводит к тому, что аналитические модели для решения поставленной цели непригодны. Выходом из положения является имитационное моделирование ВП в узле ЛВС. Анализ возможностей существующих систем автоматизации моделирования (САМ), приведенный в [1], показал наличие больших трудностей в использовании САМ для исследования ВП в ЛВС. Поэтому в участии авторов был разработан программно-технологический комплекс имитации вычислительных сетей (ПТКИ ЛВС) [2]. С помощью ПТКИ ЛВС можно автоматизировать построения ИМ ВП ЛВС и получить исходную информацию для "запитки" ИМ ВП в ЛВС реальной статистикой. С помощью ПТКИ ЛВС измеряются интенсивности диалоговых (λ_d) и транзитных (λ_t) запросов на ресурсы узла ЛВС, которые затем устанавливаются в качестве параметров внешней среды ИМ ВП в ЛВС. В данной статье излагается алгоритм определения такого порядка пропуска пакетных заданий ρ_k , который в условиях приоритетного обслуживания диалоговых и транзитных запросов обеспечивает минимальное время пропуска всего пакета непероритетных задач пользователей.

2. Формализация вычислительного процесса в узле ЛВС

Рассмотрим структуру использования ресурсов узла ЛВС всеми видами заданий с помощью временной диаграммы. В диаграмме использования ресурса CPU и внешней памяти (HDD) задачами i и $i+1$ из пакета, в котором имеется ω_n задач ($i=1, \dots, \omega_n, i+1=1, \dots, \omega_n$), каждая задача в моменты T_{ni} и T_{ki} соответственно начинает и завершает использование ресурса CPU. В итоге задания соседних задач i и $i+1$ выполняются длительностью соответственно

$\tau_i = T_{ki} - T_{ni}$ и $\tau_{i+1} = T_{ki+1} - T_{ni+1}$. На решение задачи i расходуется $M_i = \sum_{j=1}^{N_i} m_{ij}$ квантов CPU

длительностью Δt_1 и $N_i = \sum_{j=1}^{N_i} n_{ij}$ квантов HDD длительностью Δt_2 . В итоге вероятность обслуживания

соседних задач определяется из соотношений: $P_i = \frac{N_i}{M_i}$ и $P_{i+1} = \frac{N_{i+1}}{M_{i+1}}$. Каждая i -я задача

характеризуется следующим вектором интегральных характеристик (τ_i, M_i, N_i, P_i) . Кроме того, i -я задача дополнительно характеризуется еще массивом $G_i = \{m_{ij}, \pi_{OBI}, n_{ij}\}$, где $j=1, \dots, N_i$.

Этот массив определяет структуру G_i и состоит из множества, элементами которого являются показатели: количество квантов CPU, используемом при j -ом обращении к CPU (m_{ij}).

знак наличия обмена с HDD по окончании использования CPU ($\pi_{OBI}=1$ - есть обмен и $\pi_{OBI}=0$ - нет обмена); количество квантов HDD, используемом при j -ом его использовании (n_{ij}).

Видим, i -я задача характеризуется вектором интегральных характеристик (τ_i, M_i, N_i, P_i) и структурой задачи G_i .

3. Измерение характеристик задач в реальном пакете задач

С помощью модифицированного ПТКИ ЛВС [2] для реального пакета задач ρ_n можно сформировать два массива характеристик использования ими ресурсов CPU и HDD узла ЛВС. Первый массив содержит в себе следующие интегральные характеристики задач:

$$\rho_n = \{S_k, v_i, M_i, N_i, P_i, A_i\},$$

где S_k – количество задач в пакете, определяет размер этого массива; v_i – порядковый номер задачи i в составе пакета (в исходном пакете исследуемых задач $v_i=i$); M_i, N_i, P_i – интегральные характеристики определенные ранее; A_i – адрес структуры задачи в массиве структур задач $\{G_i\}=\{A_i=\{m_{ij}, \pi_{0ij}, n_{ij}\}\}$.

С помощью программы мониторинга ПТКИ ЛВС [2] можно провести исследование исходного пакета $\rho_n=\{v_i=i\}$. Результаты этого мониторинга позволят установить:

λ_d – интенсивность диалоговых запросов ($\lambda_d = 1 / \tau_d$; τ_d – интервалы поступления в узел ЛВС диалоговых запросов);

λ_t – интенсивность транзитных запросов ($\lambda_t = 1 / \tau_t$; τ_t – интервалы поступления в узел ЛВС транзитных запросов).

Далее по каждой задаче i определяются следующие функции распределения характеристик использования ресурсов узла ЛВС задачами i -го типа:

$F_{1i}(m_{ij})$ – длительностей интервалов использования CPU в квантах Δt_1 ;

$F_{2i}(n_{ij})$ – длительностей интервалов использования HDD в квантах Δt_2 ;

$F_{3i}(S)$ – числа интервалов использования CPU в задаче;

$F_{4i}(\tau)$ – длительностей интервалов решения задачи i в узле ЛВС;

$F_{5i}(\tau_{cpu})$ – длительности использования CPU в задачах i -го типа в квантах CPU;

$F_{6i}(\tau_{hdd})$ – длительности использования HDD в задачах i -го типа в квантах HDD.

В итоге выполнения программы анализа результатов мониторинга формируются множества временных диаграмм в массиве $\{F_i\}$ и интегральных характеристик в массиве $\{H_i\}$:

$$\{F_i\} = \{F_{1i}(m_{ij}); F_{2i}(n_{ij}); \pi_{0ij}\} \quad (1)$$

$$\{H_i\} = \{\tau_i, M_i, N_i, P_i; F_{3i}(S); F_{4i}(\tau); F_{5i}(\tau_{cpu}); F_{6i}(\tau_{hdd})\}$$

Множества $\{F_i\}$ и $\{H_i\}$ в дальнейшем используются для формирования структуры запросов задач на ресурсы узла ЛВС $\{\tau_i, M_i, N_i, P_i\}$ и $\{G_i\}$. Они также используются и при проверке адекватности модели реальному ВП в узле ЛВС.

4. Адаптивный алгоритм выбора непериприоритетных задач пакета в ИМ ВП в ЛВС

Структура ИМ ВП в ЛВС описана в работе [2]. Предполагается, что исходный пакет задач ρ_n объема ω_0 заранее сформирован по результатам мониторинга ВП в ЛВС с помощью программы анализа ПТКИ ЛВС. Начальное распределение задач в пакете ρ_n соответствует типовому порядку пропуска пакета на информационном предприятии (ИНП). Поэтому в пакете ρ_n порядок пропуска задач соответствует случаю, когда $v_v = i$ (здесь v – порядковые номера задач при типовом их выполнении на ИНП).

Пусть общее время пропуска исходного пакета задач ρ_n на узле ЛВС при заданных скоростях CPU и HDD (v_{cpu} и v_{hdd}) и величинах квантов использования CPU и HDD (Δt_1 и Δt_2), интенсивностях диалоговых и транзитных запросов (λ_d и λ_t) будет равно $T_{по}$. Поскольку процесс пропуска пакета ρ_n через ИМ ВП ЛВС является вероятностным, то очевидно выполнения $T_{по}$ необходимо использовать метод Монте-Карло и вычислить среднее значение

$$T_{по} = \frac{1}{K} \sum_{l=1}^K T_{пол}, \text{ где } l - \text{номер очередной итерации (количество итераций } K \text{ на ИМ определенное)}$$

и, исходя из заданной заранее достоверности β результата имитации). Перед поиском оптимального порядка пропуска пакетных заданий $\rho_R = \{v_{R1}, v_{R2}, \dots, v_{R\omega_0}\}$, обеспечивающего минимальное время их решения на узле ЛВС (T_{RL}), исходный пакет ρ_n разбивается на группы: задача i попадает в одну из групп в зависимости от значения двух интегральных характеристик:

характеристик M_i и P_{oi} . В группу G_{01} попадают задачи, у которых $0 < M_i < 0.33$ и $0 < P_{oi} < 0.33$, т.е. это задачи, у которых мало используется CPU и обменов с HDD мало. В группу G_{02} попадают задачи, у которых $0.33 \leq M_i \leq 0.66$ и $0 < P_{oi} < 0.33$, то есть это задачи со средней загрузкой CPU и малым числом использований HDD. В группу G_{03} собираются те задачи, у которых $0.66 < M_i \leq 1.0$ и $0 < P_{oi} < 0.33$, то есть это задачи с высоким коэффициентом использования CPU и малым числом использований HDD. В группу G_{04} войдут те задачи, у которых $0 < M_i < 0.33$ и $0.33 \leq P_{oi} \leq 0.66$, а именно задачи с малым числом использований CPU и средней вероятностью использования HDD. В группу G_{05} войдут задачи, у которых использование CPU и HDD равно среднему значению ($0.33 \leq M_i \leq 0.66$ и $0.33 \leq P_{oi} \leq 0.66$). В группу G_{06} будут включены задачи, у которых $0.66 < M_i \leq 1.0$ и $0.33 \leq P_{oi} \leq 0.66$, т.е. это задачи с сильным использованием CPU и средним использованием HDD. В группу G_{07} попадут задачи, у которых $0 < M_i < 0.33$ и $0.66 < P_{oi} \leq 1.0$, т.е. это задачи с наиболее частым использованием HDD. В группу G_{08} попадут задачи, у которых $0.33 \leq M_i \leq 0.66$ и $0.66 < P_{oi} \leq 1.0$. Наконец, в группу G_{09} попадут задачи, у которых много использований CPU и высока вероятность при этом использования HDD ($0.66 < M_i \leq 1.0$ и $0.66 < P_{oi} \leq 1.0$).

В итоге предварительного разбиения пакета задач на входе ИМ ВП ЛВС вместо одного пакета p_n будет сформировано 9 пакетов задач (соответственно номерам групп обозначим их как пакеты $p_{G01} \div p_{G09}$). Может оказаться так, что в какой-то группе p_{Gk} задач вообще не окажется. На этот случай алгоритмом предусмотрен выбор задач из соседней группы.

Далее в ходе имитации с шагом ΔT на ИМ определяются значения коэффициентов использования ресурсов $\tilde{\eta}_{CPUk}$ и $\tilde{\eta}_{HDDk}$ на предыдущем k -ом этапе решения задачи. Далее в зависимости от пары значений ($\tilde{\eta}_{CPUk}$ и $\tilde{\eta}_{HDDk}$) определяется номер той группы, из которой осуществляется выбор i -ой задачи в моменты окончания решения $(i+1)$ задачи, на интервале решения которой и была определена пара текущих значений коэффициентов загрузки CPU и HDD. Например, если $0 < \tilde{\eta}_{CPUk} < 0.3$ и $0 < \tilde{\eta}_{HDDk} < 0.3$, то выбор задач идет из группы G_{09} , т.е. начинается выполняться задача с большим использованием CPU и высокой вероятностью использования HDD. Наоборот, если $0.6 < \tilde{\eta}_{CPUk} \leq 1.0$ и $0.6 < \tilde{\eta}_{HDDk} \leq 1.0$, то для выполнения выбирается задача из группы G_{01} , в которой мало используются CPU и вероятность обмена с HDD низкая. В моменты времени, когда все задачи окончили свое выполнение ($G_{0k}=0$ для $k=1 \div 9$), на модели фиксируется время завершения пакета в l -ой реализации по методу Монте-Карло (T_{Ril}). По завершении l -ой реализации ВП на ЛВС весь процесс пропуска задач начинается заново. При этом для l -ой реализации по функциям распределения (1) определяются очередное значение массива структуры задач $\{G_{nl}\} = \{A_i, m_{ijl}, \pi_{oil}, n_{ijl}\}$ и l -ой реализации значений интегральных характеристик $\{p_{nl}\} = \{S_{kl}, v_i, M_{il}, N_{il}, P_{il}, A_i\}$. Далее, используя новые значения $\{p_{nl}\}$ формируются новые значения каждой группы задач и начинается новая имитация пакета в p_{kl} задач с использованием изложенного выше адаптивного выбора задач из одной из 9 групп до завершения имитации решения всего пакета в l -ой реализации. Затем снова фиксируется новое время пропуска пакета задач в l -ой реализации (T_{Ril} , $l=1 \div k$). Отметим, что при каждой l -ой реализации пакета фиксируется также и порядок пропуска задач пакетной обработки $p_R = \{v_{R1l}, v_{R2l}, \dots, v_{Rkl}\}$.

Для определения порядка пропуска пакета рассматривается полученная ранее матрица $\|v_{Ril}\|$, в которой число столбцов равно количеству задач в пакете (ω_0), а число строк равно числу имитаций пропуска задач по методу Монте-Карло (k). Анализ каждого столбца позволяет определить наиболее вероятный номер задачи (v_{Ril}), выполняемой в рациональной последовательности за номером i . Отметим, что порядок следования задач играет второстепенную роль, поскольку более значимым является тот номер задачи в одной из 9 групп задач, который имеет наибольшую вероятность появления задачи данной группы.

Abstract. The principles constructing a simulation model of the batch performance in LAN on the basis of adaptation algorithm to LAN resources are considered.

Литература

1. И. В. Максимей, *Имитационное моделирование на ЭВМ*, Москва, Радио и связь, 1988.
2. О. В. Быченко, А. В. Воруев, О. М. Демиденко, В. А. Никишаев, М. В. Потрашкова. Программно-технологический комплекс для исследования и адаптации вычислительного процесса к рабочей нагрузке на локальную вычислительную сеть, Информационные системы и технологии (IST'2002): Матер. I Междунар. конф., Минск, 5–8 ноября 2002 г. / БГУ. Минск, 2002, 195–201.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступило 02.09.05

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф.Скорины