

УДК 681.518

Концептуальные модели вычислительного процесса и рабочей нагрузки на ЛВС

О.М.ДЕМИДЕНКО

1. Введение

Исследование вычислительного процесса (ВП) и рабочей нагрузки (РН) на узлах локальной вычислительной сети (ЛВС) актуально из-за необходимости повышения эффективности использования ресурсов ЛВС и качества обслуживания запросов пользователей. В работах [1, 2, 3] рассматривались различные стороны разработки и использования инструментария исследования ВП и РН на ЛВС. Ниже предлагается единая методология использования инструментария измерения и имитационного моделирования процессов информационного обслуживания запросов пользователей ЛВС на различных уровнях детализации ВП и РН на ЛВС.

2. Уровни детализации ВП и РН на ЛВС

В соответствии с [4] динамика обработки информации в ЛВС рассматривается на следующих уровнях детализации (УД) ВП и РН на ЛВС: анализ и выбор топологии ЛВС (топологий); исследование динамики обработки запросов пользователей в узлах ЛВС (узлов); анализ обслуживания пользовательских задач (модулей); исследование режимов многопоточности (потоков); анализ динамики использования ресурсов ЛВС (ресурсов). Для каждого s-го УД разработана концептуальная модель (КМ_s), позволяющая описывать взаимодействие РН с компонентами ВП. Согласно этой модели ЛВС представляется в виде «черного ящика», вход которого действует вектор параметров X_s , а на выходе формируется вектор откликов Y_s . Динамика обслуживания ВП запросов РН описывается графом GR_s . В ходе моделирования фиксируется множество статистик (Stat_s) и диаграммы изменения во времени состояний ВП (St_s). Рассмотрим более подробно состав и структуру КМ_s.

3. Концептуальная модель ЛВС уровня топологий

КМ₁ уровня топологий использует следующие понятия. В качестве компонент вектора параметров X_1 используются: количество узлов ЛВС (L); порядковый номер узла (n_r); множество дуг-каналов связи ($E_1=(i,j)$); начальное состояние топологии ЛВС (P_{10}); функция распределения количества переходов $F_1(n_0)$ в графе топологий (GR_1); матрица вероятностей переходов между состояниями ЛВС ($\|P_1\|$); вектор функций распределения времени обслуживания запросов РН в каждом состоянии ЛВС ($F_i(t_{обс})$); матрица условных функций распределения времени обслуживания запросов пользователей (ЗП_i) i-го типа в каждом состоянии ($\|F_{ij}(t_{обс})\|$). Первые три компоненты X_1 (L , n_r , E_1) являются параметрами ВП, а остальные компоненты X_1 представляют собой параметры РН ИМ ЛВС уровня топологий. При описании графа GR_1 рассматриваются четыре основных типа взаимодействий компонент: шина, кольцо, звезда, ячеистая топология. Таким образом, вершинами GR_1 являются номера топологий, а дугами определяются связи между видами топологий. Вектор статистики (Stat₁) включает в себя: средние длины очередей к узлам ($l_{оч}$); средние времена прохождения запросов пользователей i-го типа по ЛВС ($T_{жi}$). Диаграмма смен состояний ЛВС (St₁) характеризует быстроедействие и загрузку сети с данной топологией в конкретный момент времени (t_0). Компонентами вектора откликов (Y_1) являются: длины очередей к узлам ($l_{оч}$); списки

узлов, входящих в маршруты движения запросов пользователей (M_t); времена прохождения запросов i -го типа по ЛВС (T_{ji}).

4. Концептуальная модель ЛВС уровня узлов

КМ₂ уровня узлов ЛВС предполагает полумарковский характер процессов и описываются графом (GR_2). Компонентами вектора параметров (X_2) являются: интенсивности поступления запросов i -го типа (λ_i); вектор начального состояния модели узла ($P_{и0}$); матрица вероятностей переходов между состояниями модели ($\|P_{и}\|$); функция распределения количества переходов при обслуживании запросов ($F_{иi}(n_0)$); вектор функций распределения времени обслуживания запросов в каждом состоянии ЛВС ($F_{иi}(t_{обс})$); матрица условных функций распределения времени обслуживания в состояниях системы ($\|F_{иij}(t_{обс})\|$); вектор функций распределения объема запрашиваемого ресурса в каждом состоянии ЛВС ($F_{иi}(V_{внп})$); матрица условных функций распределения объема запрашиваемого ресурса внешней памяти ЛВС ($\|F_{иij}(V_{внп})\|$). Различаем два типа узлов ЛВС: сервер (SERVR) и рабочие станции (RSTAN). Вершинами GR_2 являются типы узлов, а дуги определяют связи между узлами. В качестве статистик ($Stat_2$) фиксируются: коэффициент загрузки ЦП ($\sum \eta_{цп}$); коэффициент загрузки внешней памяти ($\sum \eta_{внп}$); среднее время обслуживания запроса i -го типа ($t_{обсi}$); среднее время ожидания запросами ресурсов ($t_{ожj}$). Диаграмма смен состояний (St_2) характеризует загрузку ресурсов номера ng в конкретные моменты времени t_0 . Компонентами вектора откликов (Y_2) являются: коэффициент загрузки ЦП ($\eta_{цп}$); коэффициент загрузки внешней памяти ($\eta_{внп}$); времена обслуживания ЛВС запросов i -го типа (T_{ji}); длины очередей к устройствам ЛВС ($t_{ожj}$); общее число запросов i -го типа l -му узлу (n_{li}).

5. Концептуальная модель уровня программных модулей

КМ₃ уровня программных модулей пользователей (ПМ _{j}) также предполагает полумарковский характер следования ПМ _{j} при обслуживании запросов пользователей и описываются графом (GR_3). Компонентами вектора параметров (X_3) являются: интенсивности поступления запросов i -го типа (λ_i); вектор начального состояния модели ПМ _{j} (P_{z0}); матрица вероятностей переходов между состояниями модели ($\|P_{zi}\|$); функция распределения количества переходов при обслуживании запросов ($F_{zi}(n_0)$); вектор функций распределения времени выполнения ПМ _{j} в каждом состоянии модели ($F_{zi}(t_{обс})$); матрица условных функций распределения времени выполнения ПМ _{j} в каждом состоянии модели ($\|F_{zij}(t_{обс})\|$); вектор функций распределения объема ресурса внешней памяти (ВНП), запрашиваемого ПМ _{j} каждого типа ($F_{zi}(V_{внп})$); матрица условных функций распределения объема ресурса ВНП, запрашиваемого ПМ _{j} ($\|F_{zij}(V_{внп})\|$). Различаем семь типов ПМ _{j} . Вершинами GR_3 являются типы ПМ _{j} , а дуги определяют связи между узлами. Внутри GR_3 для некоторых типов имеет место обращение к ресурсам ВНП, динамика которого задается подграфом GR_3' . Вершинами подграфа GR_3' являются блоки ВНП (z) объема, задаваемого функцией распределения $F_{zij}(V_{внп})$, а дуги определяют связи между блоками z . Статистиками ($Stat_3$) КМ₃ являются: коэффициенты исполь-

зования ПМ _{j} ЦП (η_j); коэффициент загрузки ЦП ($\eta_{цп} = \sum_{j=1}^7 \eta_j$); коэффициент загрузки ВНП

($\eta_{внп}$); среднее время обслуживания запроса i -го типа ($t_{обсi}$); среднее время ожидания запросами i -го типа выполнение ПМ _{j} ($t_{ожj}$); среднее время ожидания запросами i -го типа выделение z -го блока ВНП ($t_{ожbz}$). Диаграмма изменения состояний (St_3) характеризует загрузку ЦП множества ресурса $\{z\}$ в конкретные моменты времени t_0 . Компонентами вектора откликов (Y_3) будут коэффициент использования ЦП ($\sum \eta_{цп}$); коэффициент использования ресурса ВНП ($\eta_{внп}$); коэффициенты загрузки ЦП при выполнении ПМ _{j} (η_j); времена обслуживания

ЛВС запросов i -го типа (T_{ji}); длины очередей запросов к ПМ $_j$ (l_{oj}); длины очередей запросов к блокам z (l_{oz}); общее число запросов i -го типа к j -му ПМ $_j$ (η_{ij}).

6. Концептуальная модель уровня потоков в ОС ЛВС

КМ $_4$ уровня потоков предполагает полумарковский характер реализации ОС потоков в узлах ЛВС по запросам ПМ $_j$ и описывается графом GR_4 . Компонентами вектора параметров X_4 являются интенсивности поступления процессов ПМ $_j$ (λ_j); вероятности использования процессов $\{q_j\}$; времена, затрачиваемые на создание процессов (τ_{sp}) и потоков (τ_{cp}); удаление процесса (τ_{up}) и потока (τ_{up}); вектор функций распределения времени обслуживания запросов на процессах, рождаемых ПМ $_j$ ($F_{ij}(t_{обс})$); матрица условных функций распределения времени обслуживания на ПМ $_k$, следующим за ПМ $_j$ ($F_{ijk}(t_{обс})$). Задаваемыми параметрами модели ВП и РН уровня потоков являются вектор начального процесса ПМ $_j$ (P_{0k}); матрица переходов между процессами в графе GR_4 (P_{jk}); функция распределения количества переходов до завершения ПМ $_j$ ($F_j(n_0)$).

Граф GR_4 содержит в себе подграф системных функций GR_4' , вершинами которого являются системные функции операционной системы, совокупность которых обеспечивает реализацию отдельных процессов. Таким образом, имеет место следующая динамика развития ВП на данном уровне детализации. Любой ПМ $_j$ реализуется последовательностью программных потоков, описываемой GR_4 . Вершинами GR_4 являются потоки (r_{tr}), а дуги определяют связи между ними. Каждый поток r_{tr} , в свою очередь, реализуется последовательностью функций $\{\Phi U_m\}$, описываемой подграфом GR_4' . Вершинами GR_4' являются функции (ΦU_m), а дугами определены связи между этими функциями.

Статистиками КМ $_4$ ($Stat_4$) являются общее время работы k -го процесса на ЦП ($\sum \tau_{цпк}$); общее время использования ресурса ВМП k -м процессом ($\sum \tau_{реск}$); средняя длина очереди диспетчеру процессов ($l_{одцпк}$). Диаграмма смен состояний (St_4) характеризует загрузку ЦП и ВМП узла ЛВС в конкретные моменты времени t_0 . Компонентами вектора откликов Y_4 будут множество времен выполнения процессов $\{\tau_{функк}\}$; множество объемов расхода ресурса ВМП $\{V_{функк}\}$; множество коэффициентов занятости ЦП $\{\eta_{цпк}\}$ и внешней памяти $\{\eta_{вмпк}\}$; коэффициенты суммарного использования ЦП ($\sum_k \eta_{цпк}$) и ВМП ($\sum_k \eta_{вмпк}$) множеством процессов, рожденных потоками при выполнении ПМ $_j$.

7. Концептуальная модель уровня ресурсов узла ЛВС

КМ $_5$ уровня ресурсов также предполагает полумарковский характер реализации системных функций по запросам процессов и описывается графом GR_5 . Компонентами вектора параметров X_5 являются две группы параметров (Y_{51} – характеристики РН и Y_{52} – характеристики ресурсов узла ЛВС). В состав X_{51} входят вероятности вызовов системных функций k -го типа $\{q_k\}$; используемых процессами пользователей; интенсивности вызовов процессами системных функций $\{\lambda_k\}$; вектор функций распределения времени обслуживания на l -м ресурсе k -ой системной функции ($F_{lk}(t_{обс})$); матрица условных функций распределения времени обслуживания в каждом состоянии ЛВС k -ой системной функции ($\|F_{lk}(t_{обс})\|$); матрица условных функций распределения объема запрашиваемого ресурса k -ой системной функцией ($\|F_{lk}(V_{вмп})\|$); вектор начального состояния k -ой системной функции (P_{0k}); матрица вероятностей переходов между ресурсами при выполнении k -ой системной функции $\|P_k\|$; функция распределения количества переходов между ресурсами при выполнении k -ой системной функцией ($F_k(n_0)$). В составе X_{52} задаются скорость ЦП ($v_{цп}$); объем ресурса внешней памяти ($V_{рес}$); длина кванта обслуживания ЦП запросов пользователей ($\Delta t_{квцп}$); длина кванта обслуживания ВМП запросов пользователей ($\tau_{кврес}$); дисциплина обслуживания очередей запросов к ресурсам ($disc_{оч}$). Статистиками ($Stat_5$) являются общее время выполнения на ЦП k -

ой системной функции ($\Sigma\tau_{цпк}$); общее время использования ресурса ВВП k-ой системной функцией ($\Sigma\tau_{реск}$); средняя длина очереди к диспетчеру ($l_{очцпк}$); средняя длина очереди к ЦП на выполнение системных функций ($l_{очцпк}$); средняя длина очереди к ресурсу ВВП ($l_{очреск}$). Диаграмма состояний (St_s) характеризует использование ресурсов узла в конкретные моменты t_0 выполнения системных функций. Компонентами вектора откликов Y_s будут множество коэффициентов занятости ЦП и ВВП при выполнении системных функций $\{\eta_{цпк}\}$ и $\{\eta_{ввпк}\}$; коэффициенты общей загрузки ЦП и ВВП ($\Sigma\eta_{цпк}$, $\Sigma\eta_{ввпк}$); множество пар характеристик обслуживания системных функций $\{\tau_{фук}$, $V_{фук}\}$.

Заключение

Приведенный состав концептуальных моделей KM_s позволяет решать прямые и обратные задачи исследования и адаптации ВП к РН на ЛВС. Для прямых задач при проектном моделировании ЛВС задаются требования к технологическим характеристикам узла ЛВС для каждого УД. При этом отклики верхнего УД служат исходной информацией для нижнего УД. При решении задач адаптации ВП под РН (обратных задач) статистики моделирования нижнего УД служат исходной информацией для задания технологических характеристик верхнего УД ВП и РН ЛВС. Как видим, системный характер состава $Stat_s$, Y_s , X_s и St_s обеспечивает возможность проектного моделирования ЛВС как способом «сверху вниз», так и способом «снизу вверх».

Abstract

The author considers conceptual models of a computing process and an operation load on clusters of a local area network.

Литература

1. Ю.П.Зайченко, Ю.В.Гонта, Структурная оптимизация сетей ЭВМ, Киев: Техника, 1986.
2. И.В.Агеенко, Метод и средства автоматизации исследования автоматизированных информационных систем в локальных вычислительных сетях: Дис. ... канд. техн. наук, Гомель, 1999.
3. А.В.Воруев, Мониторинг и адаптация вычислительного процесса в узлах ЛВС с использованием моделей рабочей нагрузки: Дис. ... канд. техн. наук, Гомель, 2001.
4. О.М.Демиденко, И.В.Максимей, Проектное моделирование вычислительного процесса в локальных вычислительных сетях, Мн.: Белорусская наука, 2001.

Поступило 15.05.2002