

## Уровни представления вычислительного процесса и рабочей нагрузки на ЛВС

**О. М. Демиденко**, д. т. н., профессор, проректор по научной работе ГГУ имени Ф. Скорины (246019, г. Гомель, ул. Советская, 104).  
E-mail: demidenko@gsu.by

**Аннотация.** В статье рассматривается вычислительный процесс в локальных вычислительных сетях на четырех уровнях взаимодействия по их возможности декомпозиции на части и по связям между этими частями. Представлена классификация видов рабочей нагрузки. Предложено решение проблемы жесткой зависимости получаемых результатов исследований от особенностей архитектуры применяемого оборудования.

**Ключевые слова:** вычислительный процесс, рабочая нагрузка, локальная вычислительная сеть.

## Levels of Representation of the Computing Process and Workload on LAN

**O. M. Demidenko**, Dr. Sc. (Technology), Professor, Vice-rector on scientific work of the Francisk Skorina, Gomel State University (246019, Gomel, Sovetskaya str., 104). E-mail: demidenko@gsu.by

**Abstract.** The article considers the computational process in local area network at four levels of interaction referring to their possible decomposition into parts and the connection between these parts. Classification of types of workload is presented. A solution to the problem of the rigid dependence of the research results on the features of the architecture of the applied equipment is proposed.

**Key words:** computing process, workload, local area network.

**Введение.** Как правило, мониторинг локальных вычислительных сетей (ЛВС) проводится над отдельными составляющими аппаратной базы, что не может дать общую картину системы в целом. Это влечет за собой жесткую зависимость результатов исследования от особенностей внутренней архитектуры оборудования. Для устранения данных недостатков предлагается включить в мониторинг только те основные характеристики системы, которые наиболее сильно влияют на ход вычислительного процесса. Влияние же других характеристик предлагается считать несущественным [4].

**Основная часть.** Вычислительный процесс в ЛВС рассматривается на четырех уровнях представления по возможности их декомпозиции на части и по связям между этими частями. Далее рассмотрим их подробнее.

**1. Сетевое взаимодействие.** Вычислительная система представляется в виде отдельных составляющих — узлов ЛВС, взаимодействующих через общее устройство обслуживания —

среду передачи данных. К функциям узла относятся обслуживание внутренних запросов (диалоговые и фоновые задачи, поступающие с интенсивностью  $\lambda_d$  и  $\lambda_{\phi}$ , соответственно) и запросов, полученных извне (транзитные задачи, поступающие с интенсивностью  $\lambda_t$ ).

Отличие внешних запросов от внутренних заключается лишь в их маршруте продвижения. Они рождаются на одном узле (узле-родителе), проходят через сеть, обслуживаются на узле-сервере и через сеть возвращаются на узел-родитель. Для обобщения все функции сборки-разборки пакетов вынесены за границы узла. Таким образом, узел передает в сеть целый запрос, затрачивая на это интервал системного времени  $\tau_{wN}$ , и получает из сети ответ также целым, затрачивая на это интервал системного времени  $\tau_{RN}$ .

### 2. Укрупненные программные модули.

Для представления информационной базы данных (ИБД) используется граф (GRB), узлами которого являются модули ИБД. Дуги между ними определяют связи между модулями информационной базы

данных. Структура этих связей задается булевой матрицей связей  $||M(S_{fik})||$ . Каждому программному модулю в конкретный момент времени выделяется совокупность ресурсов для его функционирования, что определяется как время жизни программных модулей  $T_{ж.пм}$  в системе с момента зарождения ( $t_{н.опер}$ ) и до окончания их обслуживания ( $t_{к.опер}$ ). При взаимодействии программных модулей имитируется операционная обстановка в ЛВС, соответствующая выбранной ситуации обслуживания информационной базой данных.

**3. Выполняемые функции.** Каждый программный модуль, в соответствии с формализацией, разбивается на набор единичных функциональных действий  $t_{опер.устр}^o$ , т. е. для реализации каждого транзакта на обслуживание генерируется выполнение ряда элементарных операций на уровне запросов к основным составляющим системы, что в сумме представляется как единый интервал  $t_{опер.устр}$ . Каждому классу транзактов присваивается определенная комбинация элементарных операций в соответствии с реальными данными, которые получены средствами мониторинга.

**4. Отображение процесса использования ресурсов системы.** Этот уровень позволяет изучить вопросы использования ресурсов системы. На этом уровне также рассматриваются вопросы одновременного взаимодействия нескольких пользовательских процессов и их влияние на динамику работы системы.

Поскольку в последнее время в большинстве ЛВС реализована распределенная обработка данных, то модель вычислительного процесса в сети будем представлять тремя подуровнями имитационной модели:

- подуровень сетевого взаимодействия (включает в себя характеристики физических каналов связи, среды передачи, архитектуры сети, методов доступа к среде);

- подуровень взаимодействия программных компонент (включает в себя взаимодействие программных модулей и ресурсов, размещенных на различных узлах и предоставленных для совместного использования);

- подуровень узла сети (включает в себя характеристики оборудования узла и его рабочей нагрузки).

Каждый из этих подуровней, несмотря на высокий уровень детализации его процессов, представляет лишь часть объекта исследования.

Первый подуровень имитирует вычислительный процесс на самом детальном уровне

и служит для исследования ресурсных характеристик вычислительного процесса в ЛВС. При этом сеть передачи данных рассматривается как один из ресурсов системы.

На втором подуровне, помимо функционирования собственно узла сети, рассматривается взаимодействие между узлами. В этом случае функционирование сети имитируется через связи между ЛВС разных узлов, и по отношению к конкретному узлу сеть является внешней средой передачи данных.

На третьем подуровне, используются пакеты запросов для сетевого обслуживания, представляемые вторым уровнем, и организуется имитация их маршрутизации, а так же передачи, искажения и восстановления информации.

**Представление оборудования, отвечающего за обработку данных (ресурсы).** Предлагается рассмотреть следующие компоненты ЛВС, относящиеся к аппаратной базе: центральный процессор (CPU); внешняя память (HDD); оперативная память (Mem); видеоресурс (Video); сетевой ресурс или ресурс удаленных соединений (Net).

Для всех типов ресурсов определим следующие основные характеристики:

$P_{kij}$  – вероятность перехода процесса  $k$  с ресурса  $i$  на ресурс  $j$  ( $i \neq j, j = CPU \div Net$ );

$n_i$  ( $i = CPU \div Net$ ) – загруженность ресурса;

$t_{ki}$  – среднее время работы процесса  $k$  на ресурсе  $i$ .

Каждая из этих компонент обладает собственным алгоритмом поведения.

**Процессор (CPU).** Каждый процесс захватывает ресурс процессора, часть ресурса оперативной памяти и обращается к внешней памяти. Процессор всегда выполняет какой-либо процесс. Непосредственно распределение ресурса процессора организует операционная система. Очевидно, что ресурс CPU рассредоточивается по всем процессам, и для его выделения на определенное время используется система управляющих сигналов, которые формируются по заявкам пользователей.

**Внешняя память (HDD).** Моделируется как место размещения базы данных, поэтому обращение к внешней памяти имитируется как работа с блоком информации определенного размера  $Q_{HDD}$ , с которым производятся операции чтения и записи.

**Оперативная память (Mem).** Рассматривается как ресурс с максимальными параметрами, который полностью выделяется для обращающегося модуля. Для Mem выделяют лишь моменты, когда система начала или завершила работу с ней.

Эти процессы в ЛВС, как правило, кратковременны, поэтому для оперативной памяти не имеет смысла параметр  $t_{ki}$ .

**Видеоресурс (Video).** Он принадлежит к группе стандартных ресурсов. Его отличие состоит лишь в способе мониторинга: фиксируются не одна, а несколько различных функций обращения к Video.

**Ресурс сети (Net).** Данный ресурс моделируется так же, как и остальные стандартные ресурсы (например, HDD). При этом мы регистрируем только функции обращения к ресурсу (в данном случае к сетевым протоколам), а это дает право рассматривать сетевой ресурс как внутренний по отношению к ЛВС и обладающий основными характеристиками компонентов ЛВС.

**Представление программного обеспечения, функционирующего на аппаратной базе узла ЛВС.** Программное обеспечение будем представлять в виде совокупности процессов. Различают два типа процессов: пользовательский и системный. Пользовательский процесс генерируется непосредственно по запросам рабочей нагрузки на ЛВС. Системный же процесс генерируется операционной системой для ее нужд: как для выполнения различных системных функций, так и для обработки запросов пользовательских процессов. Нужно отметить, что это деление условно, так как любое действие (вследствие «виртуализации» операционной системы всех физических ресурсов) всегда выполняется в контексте применяемой операционной системы [3].

Пользовательская программа может отображаться одним или несколькими процессами. Процесс монополюбно захватывает в свое распоряжение ресурс. Многозадачность и распараллеливание процессов в реальных системах реализуются с помощью введения квантования (т. е. выделения на выполнение процесса кванта времени, по прошествии которого выполнение прерывается). Для моделирования этого процесса задается закон распределения кванта времени для системы  $f_{кв}$  как функции частоты изменения состояний системы (среднего количества переходов процессов по ресурсам в единицу времени  $n(t)$ ).

**Представление операционной системы и ее системных процессов.** Операционную систему будем представлять совокупностью системных процессов первого (System) и второго (программы системной оболочки, например, Explorer) уровней. В зависимости от частоты использования иногда можно рассматривать системные процессы второго уровня наравне с пользовательскими.

Следует отметить, что все процессы выполняются в контексте системы.

Как правило, обращение пользовательского процесса к ресурсу посредством System — это следствие реализации многозадачности [3]. Для системных процессов введем величину  $n_{sys1}$  — частоту вызова системных процессов первого уровня, которую используют для анализа оперативной обстановки в системе.

Системные процессы второго уровня рассматриваются наряду с пользовательскими, так как зачастую являются следствием воздействия рабочей нагрузки пользователя на вычислительную систему.

**Представление взаимодействия компонентов ЛВС.** Взаимодействие компонентов ЛВС можно представить как выполнение процессов с использованием ресурсов сети при конкуренции этих процессов за ресурсы. Все основные параметры вычислительного процесса выделяются именно при рассмотрении взаимодействия компонентов ЛВС.

Первый параметр — это среднее время выполнения процесса  $k$  на ресурсе  $i$  ( $t_{ki}$ ). Конкретные значения этого времени задаются матрицей распределений  $||M(t_{ki})||$ .

Второй параметр — матрица вероятностей переходов процесса с одного ресурса на другой. Процессы, происходящие в системе, можно описать с помощью полумарковского представления и, соответственно, задать вычислительный процесс в виде взвешенного графа, в котором вершины — это ресурсы, а веса дуг — вероятности переходов процесса с одного ресурса на другой. Вероятности переходов задаются матрицей переходов  $||M(P_{ij})||$  для каждого из используемых ресурсов.

Следует отметить, что специфика отслеживания системой мониторинга передач управления такова, что возможна регистрация, к примеру, начала и конца дисковой операции, прерываемой несколько раз процессами вида System1. Эти процессы выполняют обращение к ресурсам других пользовательских процессов, но нельзя достоверно сказать каких именно [3].

По этой причине вводятся две характеристики: «полное время»  $t_{ki}^n$  — время между началом и концом явной операции над ресурсом;

«точное время»  $t_{ki}^T$  — полное время за вычетом времени работы System ( $t_{ki}^T = t_{ki}^n - t_{ki}^{SYS}$ ).

Степень адекватности модели определяется путем соотношения полного и точного времени для модели и реальной системы.

### Классификация видов рабочей нагрузки.

Внешней средой ЛВС являются запросы пользователей различных классов. Внешняя среда порождает рабочую нагрузку на ЛВС. При оценке производительности сети существует проблема описания рабочей нагрузки на ЛВС. Эта проблема весьма существенна как для администраторов, так и для исследователей при оценке производительности сети. Обычно при представлении задачи используется описание нагрузки в виде вектора. При этом нагрузка на ЛВС, порождаемая множеством задач, представляется множеством точек в многомерном пространстве. Это так называемое ресурсно-ориентированное описание нагрузки, зависящее от структуры исследуемой сети [5].

Предлагается различать следующие основные классы рабочей нагрузки: дистанционная пакетная (RB) нагрузка и нагрузка разделения времени (TS). Эти классы фактически соответствуют режимам обработки данных.

Дистанционный пакетный режим отличается наличием удаленных пользователей, которые взаимодействуют с вычислительной системой с помощью средств связи. В этом случае важно ввести понятие времени реакции, то есть времени, в которое система работает; время ожидания запроса по удаленной линии связи, в свою очередь, соответствует времени обдумывания ( $\tau_{\text{обд}}$ ).

Идея режима разделения времени широко применяется в современных персональных компьютерах. При этом в алгоритме управления операционной системой используется выделение кванта времени обслуживания запросов, который должен учитываться как интервал времени, через который ЛВС должна выдать ответ или произвести соответствующее воздействие.

Рабочую нагрузку принято делить также на статическую и динамическую. Статической считается нагрузка, которая изменяет свои требования незаметно, например, в течение года. По сути своей, она стабильна, для ее описания достаточно несколько простых атрибутов. В случае динамической нагрузки, значительно изменяющей свои свойства за короткий промежуток времени, ставить вопрос о типичной нагрузке бессмысленно. Одним из подходов при ее описании является выделение однородных классов задач или интервалов функционирования сети.

Определим понятие интенсивности нагрузки. Считается, что нагрузка на систему возрастает, когда возрастает нагрузка на каждый ресурс, и снижается, когда разгружается хотя бы один ресурс.

Для проведения экспериментов на реальных ЛВС или их моделях существенным является понятие модели рабочей нагрузки. Эти модели должны обладать рядом качеств. Отметим три наиболее важные из них [5].

1. Представительность — охват достаточно большого объема отдельных объектов нагрузки с целью описания свойств всей совокупности.

2. Системная независимость — возможность переноса нагрузки с одной системы на другую или возможность работы в пределах допускаемых модификаций системы.

3. Воспроизводимость — возможность контроля и управления нагрузкой со стороны пользователя.

Любой вид моделируемой входной нагрузки может рассматриваться как реальная нагрузка, когда различие между векторами требований входной и реальной нагрузок находится в пределах требуемой точности.

Искусственную задачу составляют специально для того, чтобы создать нагрузку на ЛВС, вызываемую реальной задачей, не рассчитывая при этом на получение результатов решения реальной задачи. Для реальной задачи необходимо подготовить большое количество данных. Чтобы избавиться от этого, можно воспользоваться прикладной программой, известной под названием «эталон» («бенчмарк»), или «типовая программа».

Эталон — это искусственная исполняемая программа, алгоритм которой кодируется на некотором языке программирования. «Прогон» эталонов на разных ЛВС позволяет сравнивать между собой сети с учетом работы устройств ввода-вывода и самой операционной системы. Этот метод позволяет также оценивать скорость компиляции и выполнения.

Рабочая нагрузка характеризуется объемом работ, создаваемым некоторой совокупностью элементов работы. При этом в зависимости от режима обработки данных, реализуемого системой, под элементом работы понимается выполнение какого-либо пользовательского процесса на ресурсе или взаимодействие процессов с использованием ресурсов.

В качестве меры объема работ выступает количество ресурса ЛВС  $i$ , необходимое для выполнения элемента работы  $z$  ( $Q_{iz}^{\text{паб}}$ ). В качестве элемента работы предлагается использовать понятие задачи. Тогда рабочая нагрузка будет представлять собой совокупность задач и данных, которые обрабатываются ЛВС в течение некоторого промежутка времени.

Любая задача во время ее выполнения порождает последовательность запросов на использование различных ресурсов, составляющих ЛВС. Простейший случай — это порождение одной задачей одного процесса (широко распространен в системах Windows XX). Атрибутами таких запросов являются:

- указатели типа используемого ресурса  $i$ ;
- длительность времени использования ресурса  $t_{ki}$  процессом  $k$  (интервал обслуживания);
- момент времени поступления запроса  $t_k^{\text{приб}}$  (время прибытия);
- объем используемого ресурса  $Q_i$  (лишь для некоторых ресурсов, например HDD).

Представление задачи на уровне атрибутов запросов является динамическим, поэтому

возможно также представление задачи на уровне интегральных параметров (например, учитывающих время поступления задачи, время выполнения задачи, требуемый объем памяти, первоначальный приоритет и т. д.).

**Заключение.** Проблему жесткой зависимости получаемых результатов исследований от особенностей архитектуры применяемого оборудования можно решить, если при проведении мониторинга ЛВС включать в монитор лишь те характеристики системы, которые оказывают решающее влияние на ход вычислительного процесса. При этом влияние других характеристик предлагается считать несущественным.

## Список литературы

1. Осипенко, А. Н. Унификация описания процедур измерения, статистической и экспертной оценки в интеллектуальных средах / А. Н. Осипенко [и др.] // Моделирование интеллектуальных процессов проектирования и производства (CAD / CAM / \*98): матер. Второй междунар. науч.-техн. конф. / ИТК НАН Беларуси. – Минск, 1998. – С. 128–129.
2. Тидроу, Р. Управление реестром Windows 95 в подлиннике. – Санкт-Петербург: БХВ. СПб, 1996. – 280 с.
3. Филипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филипс, А. Гарсиа-Диас. – Москва: Радио и связь, 1984. – 496 с.
4. Воруев, А. В. Оценка влияния физических характеристик оборудования на деформацию вычислительного процесса / А. В. Воруев, О. М. Демиденко // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: материалы III респ. науч. конф. студентов и аспирантов, Гомель, 13–18 марта 2000 г. / Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель, 2000. – Ч. 1. – С. 19–20.
5. Воруев, А. В. Мониторинг операционной обстановки вычислительного процесса в мультизадачных операционных системах / А. В. Воруев [и др.] // Автоматика–2000: матер. Междунар. конф. автомат. управления (укр.) / Державний НДІ інфармаційної інфраструктури. – Львов, 2000. – Т. 7. – С. 13–20.

## References

1. Osipenko A. N., Osipenko N. B., Merezha V. L. Unification of the description of measurement procedures, statistical and expert assessment in intellectual environments. Modelirovanie intellektual'nyh processov proektirovanija i proizvodstva (SAD / CAM / \*98): mater. Vtoroj mezhdunar. nauch.-tehn. konf. [Modeling of intellectual processes of design and production (CAD / CAM / \*98): materials of the Second International Scientific and Technical Conference]. Minsk, 1998, pp. 128–129 (In Russian).
2. Tidrow R. Upravlenie reestrom Windows 95 v podlinnike [Managing of Windows 95 registry in the original]. St. Petersburg: BHV. SPb Publ., 1996. 280 p. (In Russian).
3. Phillips D., Garsia-Dias A. Metody analiza setej [Methods of network analysis]. Moscow: Radio i svjaz' Publ., 1984. 496 p. (In Russian).
4. Voruev A. V., Demidenko O. M. Evaluation of influence of the physical characteristics of the equipment on the deformation of the computational process. Novye matematicheskie metody i komp'juternye tehnologii v proektirovanii, proizvodstve i nauchnyh issledovanijah: materialy III rесп. nauch. konf. studentov i aspirantov, Gomeľ, 13–18 marta 2000 g. [New mathematical methods and computer technologies in design, production and scientific research: materials of the third republican scientific conference of students and graduate students]. Gomeľ, 2000, part 1., pp. 19–20 (In Russian).
5. Voruev A. V., Demidenko O. M., Nikishaev V. A., Ageenko I. V. Monitoring of the operational environment of the computing process in multitasking operating systems. Avtomatika–2000: mater. Mezhdunar. konf. avtomat. upravlenija [Automatics–2000: Materials of the International Conference of automated management]. Lviv, 2000, v. 7, pp. 13–20 (In Ukrainian).

Статья поступила: 08.11.2017 г.