

ляет 7,75 мин. В таблице приведены результаты моделирования.

Полученные в результате имитационного эксперимента значения в данном случае являются промежуточным звеном и не позволяют сразу решить оптимизационную задачу. Поэтому можно говорить о том, что результаты, полученные в виде ряда чисел, можно рассматривать как набор некоторых правил для дальнейшей работы по созданию экспертной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Димов Э. М., Кобышева Н. В., Маслов О. Н. Имитационное моделирование процесса обслуживания в компании телекоммуникаций // Инфоркоммуникационные технологии. 2003. № 4.
2. Имитационное моделирование, реинжиниринг и управление в компании сотовой связи (новые информационные технологии) / Э. М. Димов, О. Н. Маслов, С. К. Швайкин. М.: Радио и связь, 2001. 256 с.
3. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.

УДК: 681.324

Архитектурно-технологические принципы создания распределенной вычислительной среды на базе корпоративных сетей

Р. М. АЛГУЛИЕВ, Р. К. АЛЕКПЕРОВ, И. М. АЛИЕВ

Рассмотрены архитектурно-технологические принципы создания распределенной вычислительной среды. В качестве базовой среды используются корпоративные сети. Введено понятие провайдера вычислительных услуг, который на коммерческой основе оказывает услуги по решению сложных задач, требующих большой вычислительной мощности. Предложенная среда имеет двухуровневую архитектуру. На первом уровне реализуются функции провайдера вычислительных услуг, а на втором — функции администратора вычислений, который непосредственно ответственен за решение сложных задач. В зависимости от требований к решению задач могут быть использованы услуги различных администраторов вычислений.

Введение

Традиционно достижения в области высокопроизводительных вычислений были связаны с необходимостью решения задач численного моделирования сложных процессов, таких как процессы в атмосфере, задачи переборного и поискового типов, производственные процессы, химические реакции и т. п. В последние годы класс задач, требующих больших вычислительных мощностей, значительно расширился.

В настоящее время для создания мощных вычислительных ресурсов используются различные архитектурные решения [1, 2]. Коммерческие суперкомпьютеры (SMP, MPP) традиционно достаточно успешно решают указанные задачи и характеризуются высокой производительностью, надежностью и простотой использования. Однако у этих компьютеров есть один большой недостаток — цена, подчас недоступная для многих организаций.

Глобальные вычислительные сети-метакомпьютеринг — были предложены в качестве новой парадигмы для решения крупномасштабных вы-

числительных задач в науке, технике и бизнесе. Они дают возможность одновременного использования огромных вычислительных ресурсов, принадлежащих различным организациям и сосредоточенных в различных административных областях [3, 4]. Системы метакомпьютеринга объединяют разнородные вычислительные ресурсы (персональные компьютеры, рабочие станции, корпоративные сети и т. п.), используя разные стратегии доступа к ним, выполняя различные приложения (научные, инженерные и коммерческие), предъявляющие к системе различные требования. Ресурсы принадлежат различным поставщикам, имеющим свои правила управления ресурсами, их использования и определения их стоимости для различных пользователей в различное время. Доступность и загруженность ресурсов также может динамически изменяться во времени.

На рынке услуг метакомпьютеринга поставщики и потребители вычислительных ресурсов имеют различные цели и используют различные стратегии и экономические механизмы регулирования спроса и предложения. В этих условиях

разработка архитектурно-технологических принципов создания распределенной вычислительной среды для решения сложных задач на базе компьютерных сетей является актуальной задачей.

Принципы создания распределенной вычислительной среды

В настоящее время используются различные подходы организации распределенных вычислений на базе компьютерных сетей. Многие системы, такие как Legion, Condor, AppLeS PST, NetSolve, PUNCH, XtremWeb [5–7] и т. п., используют простые схемы, когда компонент, отвечающий за распределение, решает, какие задачи должны быть выполнены на том или ином ресурсе, используя функции стоимости, задаваемые системными параметрами. При этом цена использования каждого ресурса не рассматривается, т. е. значимость выполнения всех приложений в любое время одинакова, что в реальности далеко не так — значимость должна возрастать с приближением срока выполнения прикладной задачи.

В [8] предложено использование экономического подхода к планированию и распределению ресурсов, когда решения о распределении ресурсов принимаются динамически и зависят от текущих требований пользователей. Это — рыночная модель распределения ресурсов, согласно которой цена каждого ресурса определяется потребностями в нем пользователей, соотношением спроса и предложения, а также его доступностью. Таким образом, в системе существует конкуренция между поставщиками ресурсов с

целью привлечь больше пользователей. Экономический подход позволяет успешно управлять децентрализованными и гетерогенными ресурсами так, как это происходит в реальной экономике. Экономические системы управления ресурсами динамически определяют наилучшие ресурсы, учитывая их цену и производительность, и распределяют задачи по этим ресурсам так, чтобы удовлетворить потребности пользователей.

Кроме того, при создании распределенной среды необходимо учитывать ряд важных требований к вычислительной среде, к числу которых относятся надежность и безопасность.

В предложенной архитектуре организация распределенных вычислений осуществляется провайдером вычислительных услуг (ПВУ), а решение сложной задачи реализуется в корпоративных сетях (КС), находящихся непосредственно в подчинении администратора вычислений (АВ) (рис. 1).

Пользователи (П) — потребители ресурсов — взаимодействуют с ПВУ для решения собственных задач (Z), АВ отвечает за обнаружение вычислительных ресурсов, распараллеливание сложной задачи, распределение задачи по ресурсам, активацию выполнения задачи на выбранном ресурсе и контролирует ход выполнения задачи.

Организация распределенных вычислений осуществляется в несколько этапов (рис. 2). После поступления задачи от пользователей к ПВУ первоначально оценивается ее сложность и определяются требуемые вычислительные ресурсы для решения этой задачи с учетом времени, в течение которого она должна быть решена. Далее выявляются свободные ресурсы и задача назначается этим ресурсам. После решения задачи результат передается заказчику (потребителю ресурса).

Рассмотрим каждый из этих этапов подробно.

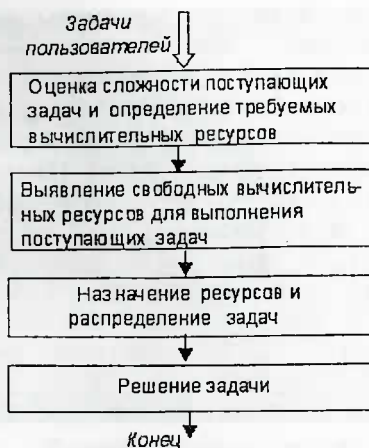


Рис. 2. Этапы выполнения сложных задач

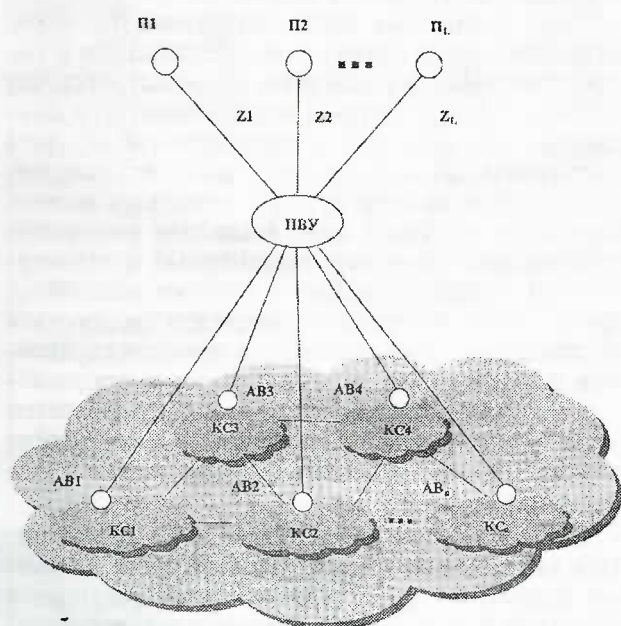


Рис. 1. Архитектура распределенной вычислительной среды

Определение требуемых вычислительных ресурсов

Задача пользователя может быть представлена тройкой

$$\langle K, T, X \rangle,$$

где K — тип сложной задачи; T — требуемое время решения сложной задачи; X — множество дополнительных требований, которые необходимо соблюдать при решении сложной задачи.

В зависимости от типа задачи структура архитектуры формирования распределенной вычислительной среды может быть различной (например, одноуровневая, иерархическая и т. п.).

Требуемое время решения задачи T задается пользователем и является основным исходным параметром при решении этой задачи.

Множество требований, соблюдение которых необходимо при решении сложной задачи, задается пользователем. К этим требованиям можно отнести надежность (гарантированность) вычислений или же безопасную среду решения задачи, стоимость решения и др. Эти требования больше относятся к технологии решения сложных задач.

На основе тройки $\langle K, T, X \rangle$ далее определяются требуемые вычислительные ресурсы D , использование которых обеспечит решение задачи за требуемое время T . Определение свободных ресурсов рассмотрим на примере проблем моделирования климата [1].

Рассмотрим модель атмосферы как важнейшую составляющую климата и предположим, что нас интересует развитие атмосферных явлений на протяжении, например, 100 лет. При построении алгоритмов нахождения числовых решений используется принцип дискретизации. Общее число элементов, на которые разбивается атмосфера в современных моделях, определяется сеткой с шагом в 1° по широте и долготе на всей поверхности земного шара и 40 слоями по высоте. Это дает около $2,6 \cdot 10^6$ элементов. Каждый элемент описывается примерно 10 компонентами. Следовательно, в любой фиксированный момент времени состояние атмосферы на земном шаре характеризуется ансамблем из $2,6 \cdot 10^7$ чисел.

Условия обработки числовых результатов требуют нахождения всех ансамблей через каждые 10 мин, т. е. за период 100 лет необходимо определить около $5,3 \cdot 10^4$ ансамблей. Итого, только за один числовой эксперимент приходится определять $1,4 \cdot 10^{14}$ значимых результатов промежуточных вычислений. Если теперь принять во внимание, что для получения и дальней-

шей обработки каждого промежуточного результата нужно выполнить $10^2 - 10^3$ арифметических операций, то станет ясно, что для проведения одного числового эксперимента с глобальной моделью атмосферы необходимо выполнить порядка $10^{16} - 10^{17}$ арифметических операций с плавающей запятой.

Таким образом, в зависимости от требуемого (заданного) времени решения задачи, создавая распределенную вычислительную среду производительностью 10^{12} операций в секунду, можно решить поставленную задачу при полной загрузке среды и эффективном программировании в течение нескольких часов.

Выявление свободных вычислительных ресурсов

Для выявления свободных вычислительных ресурсов ПВУ формирует запросы и отправляет их ко всем администраторам вычислений (АВ) компьютерных сетей. ПВУ использует запросы двух видов: простой и расширенный. Простой запрос имеет вид $\langle D, T \rangle$, а расширенный $\langle D, T, X \rangle$. При простом запросе АВ на основе пары $\langle D, T \rangle$ оценивает собственные текущие ресурсы, определяет стоимость решения задачи и формирует ответы вида $\langle D_i^*, T_i^*, C \rangle$, где D_i^* — объем свободных ресурсов, имеющихся в распоряжении i -го АВ; T_i^* — время выполнения запроса i -м АВ; C — стоимость выполнения запроса (рис. 3).

При расширенном запросе АВ на основе тройки $\langle D, T, X \rangle$ формирует ответ с учетом дополнительных требований, предъявляемых к решению задачи. Этот ответ имеет вид $\langle D_i^*, T_i^*, S, C \rangle$, где S — множество параметров, соответствующих X .

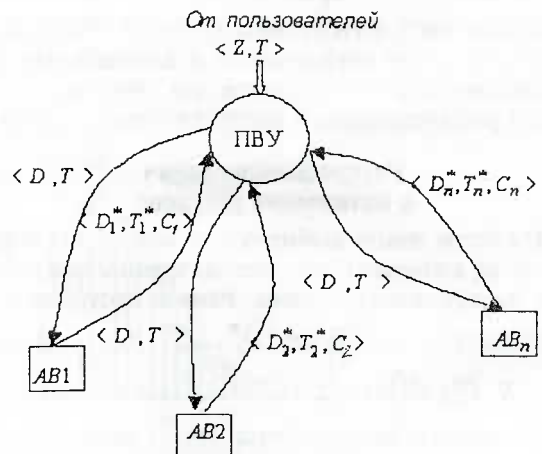


Рис. 3. Схема взаимодействия ПВУ с АВ

Стоимость решения задачи в распределенной среде зависит от количества компьютеров, стоимости их аренды за единицу времени и времени решения задачи.

В зависимости от дополнительных требований S имеет различные значения. Например, если X формирует требования к гарантированному решению задачи, то в этом случае S является вероятностью решения задачи за заданное время.

Для определения свободных ресурсов в предложенной архитектуре используется мульти-агентная технология, которая в последнее время находит широкое применение [9—11]. В мульти-агентной технологии специальные агенты, установленные на каждом компьютере, входящем в состав компьютерной сети, определяют их фактические загрузки и периодически (или по запросу) передают эти данные АВ. Таким образом, в каждый момент времени администратору вычислений известны суммарные свободные ресурсы, которые могут быть использованы для распределенных вычислений.

Свободные ресурсы каждого компьютера вычисляются по формуле

$$f_{k_{ij}} = (1 - \rho_{k_{ij}}) \pi_{k_{ij}}, \quad k_{ij} = \overline{1, n_i}, \quad i = \overline{1, n},$$

где $\rho_{k_{ij}}$ — коэффициент загруженности j -го компьютера i -го АВ; $\pi_{k_{ij}}$ — номинальная производительность j -го компьютера i -го АВ; n_i — число компьютеров, находящихся в распоряжении i -го АВ.

Тогда суммарный вычислительный ресурс, который может быть организован в i -м АВ, определяется как

$$D_i^* = \sum_{k_{ij}=1}^{n_i} (1 - \rho_{k_{ij}}) \pi_{k_{ij}}.$$

Кроме того, агенты регистрируют сбои в компьютерах, и эта информация в дальнейшем при необходимости используется для анализа надежности распределенной вычислительной среды.

Распределение задач и назначение ресурсов

На этом этапе выбираются вычислительные ресурсы, которые будут использованы для решения поступающей задачи. Выбор ресурсов осуществляется на основе $\langle D_i^*, T_i^*, C \rangle$ (или $\langle D_i^*, T_i^*, S, C \rangle$).

Различные пользователи могут использовать различные представления задач и различные ограничения, поэтому при принятии решения о

выборе ресурсов ПВУ учитывает эти факторы. Ниже приведено несколько стратегий распределения, которые могут использоваться ПВУ.

Задача может быть распределена на:

- самую дешевую корпоративную сеть, которая удовлетворяет заданному времени решения задачи (минимизация стоимости решения задачи);
- корпоративную сеть, которая предоставляет наименьшее время выполнения задачи (минимизация времени решения задачи);
- самую надежную корпоративную сеть, которая удовлетворяет заданному времени решения задачи (максимизация надежности решения задачи);
- самую безопасную корпоративную сеть, которая удовлетворяет заданному времени решения задачи;
- кроме того, могут быть использованы комбинированные стратегии.

Согласно этим стратегиям различные критерии могут быть выбраны как целевая функция для определения эффективности политики распределения задачи: стоимость, время выполнения задачи, надежность и т. п.

Администратор вычислений после выбора стратегии распределения распараллеливает задачу и назначает ресурсы. После решения задачи результат передается ПВУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воеводин В. В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.
2. Алгулиев Р. М., Алекперов Р. К., Алиев И. М. Организация распределенных вычислений на базе виртуальных частных сетей // Сб. матер. Междунар. научно-технической конф.: Информационные системы и технологии. 22—25 апреля, 2003. Новосибирск, НГТУ С. 87—89.
3. Brucker P. Scheduling Algorithms. Springer Verlag (1998). P. 217—218.
4. Hluchy L., Tran V. D., Froehlich D., Castaings W. Methods and Experiences of Parallelizing Flood Models // The 10th EuroPVM/MPI conference. LNCS 2840. Sept. 2003, Venice. P. 677—681.
5. Существоющие технологии распределенных вычислений и тенденции их развития / <http://www.airesearch.ru/archiv.php>.
6. Что такое Метакомпьютинг / <http://www.parallel.ru/computers/reviews/meta-computing/html/>
7. Черняк Л. Grid как будущее компьютеринга // Открытые системы. 2003. № 1. С. 16—19.
8. Jansen K. Scheduling malleable parallel tasks: an asymptotic fully polynomial-time approximation scheme. Proc. European Symposium on Algorithms, ESA, 2002.
9. Wooldridge M., Jennings N. Intelligent agents: theory and practice // The knowledge Engineering Rev. 1995. 10(2). P. 115—152.
10. Пономаренко Л. А., Филатов В. А., Цыбульник Е. Е. Агентные технологии в задачах поиска информации и принятия решений // УСиМ. 2003. № 1. С. 36—41.
11. Алгулиев Р. М., Алекперов Р. К., Алиев И. М. Организация распределенных вычислений на базе мультиагентной технологии // Тез. докл. Междунар. научно-технической конф. Информационные технологии и системы: Новые информационные технологии в науке, образовании, экономике (НИТНОЭ-2003 г.) Владикавказ, 22—25 октября, 2003 г. С. 67—69.