

УДК 004.75

Алгулиев Р.М., Алекперов Р.К.

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан

rasim@science.az, rashid@iit.ab.az

СИНТЕЗ НАДЕЖНОЙ МНОГОУРОВНЕВОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В данной работе предложена модель синтеза надежной распределенной вычислительной среды с многоуровневой иерархической структурой. В качестве базовой среды используются компьютерные сети. При организации распределенных вычислений в качестве критериев оптимизации используются параметры стоимости и надежности.

Ключевые слова: *распределенная вычислительная среда, многоуровневая иерархическая структура, распределенные вычисления, параметры стоимости, параметры надежности.*

Введение

Несмотря на то, что производительность вычислительных средств постоянно растет, существует достаточно большой класс задач, который не может быть решен за определенное время даже на самом производительном современном суперкомпьютере.

Однако в результате развития коммуникационных технологий, приведших к созданию локальных и глобальных сетей с высокой пропускной способностью, началась реализация распределенных вычислений на территориально-распределенных компьютерных сетях таким образом, что большая часть обработки данных производится непосредственно по месту их возникновения, а в обменах участвуют только результаты этой обработки. Организация распределенных вычислений на базе глобальных компьютерных сетей является программно-аппаратной инфраструктурой, которая обеспечивает надежный, совместимый, повсеместный и недорогой доступ к вычислительным ресурсам (количество процессоров, объем оперативной памяти и т.п.) большой мощности; выполняет координированное распределение ресурсов и решение проблем в динамических виртуальных организациях.

Анализ различных подходов к организации распределенных вычислений на базе локальных и глобальных компьютерных сетей показывает, что они наряду с преимуществами имеют ряд недостатков, одним из которых является низкая надежность. Несомненно, объединение большого количества географически распределенных компьютеров в единую распределенную вычислительную среду (РВС) предъявляет жесткие требования к надежности ее функционирования. Поэтому при организации распределенных вычислений необходимо учитывать этот важный фактор.

В данной работе рассматриваются вопросы синтеза РВС по критериям стоимости и надежности, которые в частных случаях рассматривались в работах [1, 2].

Надежность распределенных вычислительных систем относится к числу достаточно продвинутых областей исследования [3, 4]. Для организации распределенных вычислений на базе компьютерных сетей с учетом надежности используется мультиагентная технология, которая в последнее время находит широкое применение [1]. Согласно данной технологии агенты наряду с введением статистики свободных вычислительных ресурсов (СВР) сети сообщают администратору сети об объеме СВР каждого компьютера, осуществляют контроль за ходом выполнения подзадач и передачей результатов вычислений. Они регистрируют сбои в компьютерах, собирают статистические данные о сбоях, и на основе этих статистических данных оценивается надежность их функционирования [5, 6].

Постановка и математическая модель задачи

Пусть требуется гарантированное решение задачи Z за время T_Z ($T_Z \leq T_0$) с заданной надежностью, где T_0 – заданное время решения задачи Z . Для решения поставленной задачи необходимо организовать РВС с производительностью M_Z . Решение задачи Z требует создания многоуровневой архитектуры.

Пусть администратором вычислительной сети выделено n компьютеров для организации РВС. Один из компьютеров, входящий в состав РВС, является центральным компьютером, в функции которого входят: распараллеливание задач на отдельные подзадачи, распределение этих подзадач между компьютерами, прием результатов решения подзадач, выработка окончательных результатов и т.п. Пусть РВС имеет k -уровневую архитектуру, где на первом уровне находится центральный компьютер, а на низких уровнях – остальные компьютеры. Общее количество компьютеров, входящих в состав конкретной РВС, и количество компьютеров на каждом уровне определяются сложностью и типом задачи, а также стратегией распараллеливания [7].

Пусть для каждого уровня определено множество подзадач $z_k = \{z_{i_k} | i_k = \overline{1, m_k}\}$, где z_{i_k} – i_k -я подзадача k -го уровня; m_k – количество подзадач в k -м уровне. Время T_Z имеет следующие основные составляющие: время распараллеливания задачи, среднее время передачи распараллеленных подзадач от главного компьютера к компьютерам РВС, время решения подзадачи и среднее время передачи результатов решения подзадачи к главному компьютеру РВС.

Пусть требуется решение задачи Z за время T_Z с заданной надежностью R_Z и минимальной стоимостью C_Z . Для этого создается k -уровневая архитектура РВС.

Пусть известна c_{j_k} , $j_k = \overline{1, n_k}$, стоимость использования j_k -го компьютера за единицу времени, где ($n_k \leq n$) – количество компьютеров k -го уровня. Тогда с учетом загруженности компьютеров стоимость выполнения подзадачи z_{i_k} на j_k -м компьютере с загруженностью ρ_{j_k} определяется как:

$$C_{i_k j_k} = (1 - \rho_{j_k}) c_{j_k} t_{i_k j_k}, \quad i_k = \overline{1, m_k}, \quad k = \overline{1, L},$$

где $t_{i_k j_k}$ – время решения подзадач z_{i_k} в j_k -м компьютере.

Введем следующую булеву переменную:

$$x_{i_k j_k} = \begin{cases} 1, & \text{если подзадача } z_{i_k} \text{ решается в } j_k \text{ -ом компьютере,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Таким образом, задача состоит в определении таких значений переменной $x_{i_k j_k}$, $i_k = \overline{1, m_k}$, $j_k = \overline{1, m_{k-1}}$, $m_0 = n$, $k = \overline{1, L}$, для которых целевая функция C_Z имеет минимальное значение:

$$C_Z = \sum_{k=1}^L \sum_{i_k=1}^{m_k} \sum_{j_k=1}^{m_{k-1}} (1 - \rho_{j_k}) c_{j_k} t_{i_k j_k} x_{i_k j_k} \rightarrow \min, \quad (1)$$

при условии

$$T_Z \leq T_0, \quad (2)$$

$$R_Z = \prod_{k=1}^L \prod_{j_k \in J_k} r_{i_k j_k} \geq R_0, \quad i_k = \overline{1, M_k}, \quad (3)$$

где R_Z – надежность выполнения задачи Z ; R_0 – заданный уровень надежности решения задачи Z ; $r_{i_k j_k}$ – надежность решения подзадачи z_{i_k} в j_k -м компьютере; J_k – множество индексов выбранных компьютеров, входящих в k -й уровень. Здесь $T_Z = \sum_{k=1}^L T_k$, где $T_k = \max_{i_k j_k} \{ t_{i_k j_k} \mid i_k = \overline{1, m_k}, j_k = \overline{1, m_{k-1}} \}$, $k = \overline{1, L}$.

Поскольку для каждой подзадачи z_{i_k} , $i_k = \overline{1, m_k}$ выбирается только один компьютер, и, учитывая вышесказанное, дополнительно должны удовлетворяться следующие условия:

$$\sum_{i_k=1}^{m_k} \sum_{j_k=1}^{m_{k-1}} x_{i_k j_k} = m_k, \quad k = \overline{1, L}, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^L M_k \geq M_Z, \quad (5)$$

$$\sum_{j_k=1}^{m_{k-1}} x_{i_k j_k} = 1, \quad i_k = \overline{1, m_k}, \quad k = \overline{1, L}, \quad (6)$$

$$x_{i_k j_k} \in \{0, 1\}, \quad i_k = \overline{1, m_k}, \quad j_k = \overline{1, m_{k-1}}, \quad k = \overline{1, L}. \quad (7)$$

В случае, когда РВС имеет одноуровневую архитектуру, то целевая функция (1) будет принимать такой вид:

$$C_z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (1 - \rho_j) c_{j} t_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (8)$$

при тех же условиях (2)–(7).

Теперь сформулируем другую задачу. В многоуровневой РВС при максимальной возможности показателя надежности решения сложной задачи Z добиться того, чтобы время ее решения не превышало заданную величину T_0

$$R_z = \prod_{k=1}^L \prod_{i_k=1}^{m_k} \prod_{j_k=1}^{m_{k-1}} (1 - q_{i_k j_k} x_{i_k j_k}) \rightarrow \max \quad (9)$$

при ограничениях

$$T_Z \leq T_0, \quad (10)$$

$$\sum_{j_k \in J_k} b_{j_k} \geq M_k, \quad k = \overline{1, L}, \quad (11)$$

где $q_{i_k j_k} = (1 - r_{i_k j_k})$ – вероятность отказа j_k -компьютера при решении подзадачи z_{i_k} в k -м уровне; b_{j_k} – свободный вычислительный ресурс j_k -го компьютера; M_k – требуемая вычислительная мощность для решения задачи на k -м уровне. Кроме того, необходимо учитывать дополнительные условия (4) и (5).

Для определения СВР отдельных компьютеров мультиагенты по запросу центрального компьютера передают данные о фактической загруженности компьютеров. Обозначим коэффициент загруженности j_k -го компьютера через ρ_{j_k} . По этим данным главный компьютер вычисляет СВР каждого компьютера и определяет множество $B_k = \{b_{j_k}\}$, где $b_{j_k} = (1 - \rho_{j_k})\pi_{j_k}$, $j_k = \overline{1, n_k}$. Здесь π_{j_k} – реальная производительность j_k -го компьютера; n_k – количество компьютеров в k -м уровне.

В случае, если РВС имеет одноуровневую архитектуру, т.е. $L=1$, то в этом случае модель (9) преобразуется в следующий вид:

$$R_z = \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n (1 - q_{ij} x_{ij}) \rightarrow \max \quad (12)$$

при условиях

$$T_z < T_0, \quad (13)$$

$$\sum_{j \in J} b_j \geq M_z, \quad (14)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad (15)$$

где q_{ij} – вероятность отказа j -го компьютера при решении z_i подзадачи; b_j – свободные вычислительные ресурсы j -го компьютера.

Заключение

Сформулированные задачи принадлежат к классу комбинаторных задач, традиционно трудно решаемых. Во многих случаях единственным возможным способом решения таких задач является полный перебор всех комбинаций значений варьируемых переменных. Объемы вычислений при полном переборе вариантов катастрофически растут с увеличением размерности задачи. Для решения данной модели можно использовать нейронные сети, генетические и другие алгоритмы.

Литература

1. Алгулиев Р.М., Алекперов Р.К., Алиев И.М. Об одном методе организации надежной распределенной вычислительной среды с применением мультиагентной технологии //Труды Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН). Сетевые и алгоритмические задачи распределенных вычислений. Москва, 2004, с.166–172.
2. Алгулиев Р.М., Алекперов Р.К., Алиев И.М. Синтез распределенной вычислительной среды с многоуровневой иерархической архитектурой //Телекоммуникации, Москва, 2006, №3, с.21–23.

3. Хорошевский В.Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем /М.: Радио и связь, 1987, 256 с.
4. Wong A.K.Y., Dilon T.S. A fault tolerant model to attain reliability and high performance for distributed computing on the Internet //Computer Communications, 2000, vol. 23, p.1747–1762.
5. Goldman Claudia V., Rosenschien Jaffery C. Evolutionary patterns of agent organizations// IEEE Trans. Syst. Man. and Cybern.: A. 2002, 32, №1, p.135–149.
6. Пономаренко Л.А., Филатов В.А., Цыбульник Е.Е. Агентные технологии в задачах поиска информации и принятия решений// УСиМ, 2003, №1, с.36–41.
7. Алгулиев Р.М., Алекперов Р.К., Алиев И.М. Организация распределенных вычислений в компьютерных сетях //Известия НАНА, Баку, 2004, №2, с.9–22.

UOT 004.75

Əliquliyev R.M., Ələkbərov R.Q.

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

rasim@science.az, rashid@iit.ab.az

Multiagent texnologiyasının tətbiqi ilə etibarlı çoxsəviyyəli paylanmış hesablama mühitinin sintezi

Məqalədə çoxsəviyyəli ierarxik strukturlu etibarlı paylanmış hesablama mühiti sintezinin modeli təklif edilib. Baza mühiti kimi kompyuter şəbəkələrindən istifadə edilmişdir. Optimallaşdırılma kriteriyası kimi qiymət və etibarlılıq göstəriciləri götürülmüşdür.

Açar sözlər: paylanmış hesablama mühiti, çoxsəviyyəli iyerarxik struktur, paylanmış hesablama, dəyər parametrləri, etibarlılıq parametrləri

Alguliev R.M., Alekperov R.Q.

Institute of Information Technology ANAS, Baku, Azerbaijan

rasim@science.az, rashid@iit.ab.az

Synthesis of the reliable multilevel distributed computing environment with application multiagent technology

In the given paper the model of synthesis of the reliable distributed computing environment with multilevel hierarchical structure is offered. Computer networks are used as the base environment. In the organization of the distributed calculations as optimization are used cost and reliability.

Key words: the distributed computing environment, the multilevel hierarchical structure, distributed calculations, cost parametres, reliability parameters