

УДК 004.272.3

С.Н. ЕФИМОВ, В.В. ТЫНЧЕНКО, В.С. ТЫНЧЕНКО*Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнёва, Россия***ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ГРИД-СИСТЕМ**

В работе обсуждается проблема выбора эффективной конфигурации Грид-системы для обеспечения надежного параллельного решения сложных прикладных задач. Предлагается аналитическая модель оценки надежности функционирования Грид-системы, на основе чего возможен выбор конфигурации Грид-системы централизованного типа, обладающей высокой степенью надежности. В работе содержится описание основных характеристик рассматриваемой Грид-системы. Результатом анализа является значение коэффициента готовности моделируемой Грид-системы, полученное согласно приведенной формуле.

Ключевые слова: Грид, надежность, эффективная конфигурация, структура.

Введение

Повсеместное использование высокопроизводительных и доступных по стоимости персональных компьютеров, разработка и массовое практическое применение сетевых информационных технологий различного уровня и назначения – все это позволяет говорить о распределенных компьютерных сетях как об эффективной и значительно более дешевой альтернативе многопроцессорным и многомашинным вычислительным системам в качестве аппаратных средств реализации параллельных вычислений при решении сложных и ресурсоемких задач. Однако основной проблемой широко распространённых технологий глобальных компьютерных сетей является невозможность универсально и эффективно использовать удалённые вычислительные ресурсы, поскольку изначально так называемые Internet-технологии ориентировались на доступ к данным, а не к вычислительным мощностям.

Преодолеть ограничения и недоработки существующих в этой области решений позволяет интенсивное развитие и внедрение перспективной сетевой технологии Грид, в основе которой лежит идея создания географически распределенной вычислительной инфраструктуры, объединяющей ресурсы различных типов с коллективным доступом к этим ресурсам в рамках виртуальных организаций, состоящих из предприятий и специалистов, совместно использующих эти общие ресурсы [1].

Используя эту технологию и наполняя ее конкретным содержанием, можно реализовать на базе гетерогенной компьютерной сети ту или иную Грид-систему, предназначенную для решения того или иного класса прикладных задач.

Автоматизация распределения ресурсов Грид-системы и их координации в процессе решения сложных научно-технических задач требует разработки и применения формальных методов моделирования и оптимизации для формирования эффективной конфигурации вычислительных ресурсов Грид-системы, реализующей основные функции.

Результаты исследований

Пусть в конфигурацию Грид-системы входит произвольное количество клиентских вычислительных узлов различной производительности, соединенных концентратором с многопроцессорным сервером.

Характеристики моделируемой Грид-системы:

N – количество типов клиентских ресурсов Грид-системы (клиентских вычислительных узлов);

m_i – количество клиентских ресурсов Грид-системы i -го типа;

n – количество однородных процессоров серверного узла системы.

Каждый вычислительный ресурс Грид-системы в некоторые случайные моменты времени выходит из строя и нуждается в восстановлении. Пусть потоки отказов от всех вычислительных ресурсов являются простейшими и имеют интенсивность λ_i^{cl} , а время восстановления для любого вышедшего из рабочего состояния ресурса Грид-системы подчиняется экспоненциальному закону распределения с параметром μ^{cl} – интенсивность восстановления отказавших ресурсов виртуальным восстанавливающим устройством (ВУ). Для случая Грид-системы интенсивность μ^{cl} интерпретируется как среднее число вычислительных ресурсов, включаемых в единицу времени

ВУ в состав Грид вместо отказавших ресурсов. При этом среднее время восстановления одного вычислительного ресурса равно

$$\tau = (\mu^{cl})^{-1} = \tau_k + \tau_d + \tau_p,$$

где τ_k , τ_d и τ_p – математические ожидания времени соответственно контроля, диагностики и реконфигурации системы.

Потоки отказов от всех элементов серверной части Грид-системы являются простейшими и имеют следующие интенсивности:

λ^{srv} – интенсивность отказов процессоров сервера;

λ^{hub} – интенсивность отказов концентратора.

Время восстановления для всех вышедших из рабочего состояния процессоров сервера и концентратора подчиняется экспоненциальному закону распределения с параметрами:

μ^{srv} – интенсивность восстановления процессоров сервера;

μ^{hub} – интенсивность восстановления концентратора.

Для учета расписания работы вычислительных ресурсов Грид-системы, введем следующие параметры:

$t_{i,j}^{on}$ – время включения j -го ресурса i -го типа в Грид-системе, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, m_i}$;

$t_{i,j}^{off}$ – время выключения j -го ресурса i -го типа в Грид-системе, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, m_i}$;

$$\delta_{i,j}(t) = \begin{cases} 1, & ((t_{i,j}^{on} < t_{i,j}^{off}) \wedge (t \geq t_{i,j}^{on}) \wedge (t < t_{i,j}^{off})) \vee \\ & \vee ((t_{i,j}^{on} > t_{i,j}^{off}) \wedge (t \geq t_{i,j}^{on}) \wedge (t > t_{i,j}^{off})) \vee \\ & \vee ((t_{i,j}^{on} > t_{i,j}^{off}) \wedge (t < t_{i,j}^{on}) \wedge (t < t_{i,j}^{off})); \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где $\delta_{i,j}(t)$ – показатель доступности j -го ресурса i -го типа – определяет, присутствует ли j -й ресурс i -го типа в Грид-системе в заданное время t .

Процесс функционирования такой ВС представляется замкнутой СМО с ожиданием [2], которая может находиться в следующих состояниях:

$a_{j^{srv}, j^{hub}, j_1^{cl}, \dots, j_N^{cl}}$ – процессоров сервера исправны, а $(n - j^{srv})$ – неисправны и восстанавливаются, концентратор неисправен и восстанавливается, j_1^{cl} клиентских ресурсов Грид-системы 1-го типа исправны, а $(m_1 - j_1^{cl})$ – неисправны и восстанавливаются, ..., j_N^{cl} клиентских ресурсов Грид-системы N -го типа исправны, а $(m_N - j_N^{cl})$ – неисправны и восстанавливаются. Если $j^{hub} = 0$, то вычислительный процесс остановлен, в противном случае все исправные элементы участвуют в вычислительном процессе.

Обозначим $P_{j^{srv}, j^{hub}, j_1^{cl}, \dots, j_N^{cl}}$ – вероятность нахождения системы в состоянии $a_{j^{srv}, j^{hub}, j_1^{cl}, \dots, j_N^{cl}}$.

Решение системы дифференциальных уравнений рассматриваемой СМО будет иметь следующий вид:

$$P_{j^{srv}, j^{hub}, j_1^{cl}, \dots, j_N^{cl}}(t) = \left(\frac{n!}{(n - j^{srv})!} \rho_{srv}^{j^{srv}} \cdot \rho_{hub}^{j^{hub}} \cdot \prod_{i=1}^N j_i^{cl}! \cdot \rho_{cl_i}^{j_i^{cl}} \times \sum_{\substack{\omega \subseteq \{1, \dots, m_i\} \\ |\omega| = j_i^{cl}}} \prod_{g \in \omega} \delta_{i,g}(t) \right) / \left(\sum_{j^{srv}=0}^n \sum_{j^{hub}=0}^1 \sum_{j_1^{cl}=0}^{m_1} \dots \sum_{j_N^{cl}=0}^{m_N} \left(\frac{n!}{(n - j^{srv})!} \cdot \sum_{\substack{\omega \subseteq \{1, \dots, m_i\} \\ |\omega| = j_i^{cl}}} \prod_{g \in \omega} \delta_{i,g}(t) \right) \right) / \left(\sum_{j^{srv}=0}^n \sum_{j^{hub}=0}^1 \sum_{j_1^{cl}=0}^{m_1} \dots \sum_{j_N^{cl}=0}^{m_N} \left(\frac{n!}{(n - j^{srv})!} \cdot \rho_{srv}^{j^{srv}} \cdot \rho_{hub}^{j^{hub}} \cdot \prod_{i=1}^N j_i^{cl}! \cdot \rho_{cl_i}^{j_i^{cl}} \sum_{\substack{\omega \subseteq \{1, \dots, m_i\} \\ |\omega| = j_i^{cl}}} \prod_{g \in \omega} \delta_{i,g}(t) \right) \right),$$

где

$$\rho_{srv} = \frac{\mu^{srv}}{\lambda^{srv}},$$

$$\rho_{hub} = \frac{\mu^{hub}}{\lambda^{hub}},$$

$$\rho_{cl_i} = \frac{1}{\lambda_i^{cl}(\tau_k + \tau_d + \tau_p)}.$$

Самым распространённым показателем надежности для стационарного режима функционирования ВС является коэффициент готовности вычислительной системы (K_T) [3].

С учетом определения вероятности

$$P_{j^{srv}, j^{hub}, j_1^{cl}, \dots, j_N^{cl}}$$

коэффициент готовности рассматриваемой Грид-системы определяется следующим образом:

$$K_r(t) = \sum_{j_1^{srv}=1}^n \sum_{j_1^{cl}=1}^{m_1} \sum_{j_2^{cl}=0}^{m_2} \dots \sum_{j_N^{cl}=0}^{m_N} P_{j_1^{srv}, j_1^{cl}, j_2^{cl}, \dots, j_N^{cl}}(t) + \dots \\ \dots + \sum_{j_1^{srv}=1}^n \sum_{j_1^{cl}=0}^{m_1} \dots \sum_{j_{N-1}^{cl}=0}^{m_{N-1}} \sum_{j_N^{cl}=1}^{m_N} P_{j_1^{srv}, j_1^{cl}, j_2^{cl}, \dots, j_N^{cl}}(t).$$

Вывод

Таким образом, с использованием предложенного подхода возможно производить выбор эффективной

конфигурации Грид-систем централизованного типа, обладающих высокой степенью надежности.

Литература

1. Кирьянов, А.К. Введение в технологию Грид [Текст] / А.К. Кирьянов, Ю.Ф. Рябов. – Гатчина: ПИЯФ РАН, 2006. – 39 с.
2. Бройдо, В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Текст] / В.Л. Бройдо. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
3. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания [Текст] / Л. Клейнрок. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.

Поступила в редакцию 12.03.2012

Рецензент: к.т.н., доцент А.В. Горбенко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ГРІД-СИСТЕМ

С.М. Єфімов, В.В. Тинченко, В.С. Тинченко

В роботі обговорюється проблема вибору ефективної конфігурації Грід-системи з метою забезпечення надійного паралельного вирішення складних прикладних задач. Пропонується аналітична модель оцінки надійності функціонування Грід-системи, на основі чого можливим є вибір конфігурації Грід-системи централизованного типу, що має високий рівень надійності. В роботі міститься опис основних характеристик Грід-системи, що розглядається. Результатом аналізу є значення коефіцієнта готовності змодельованої Грід-системи, яке можна отримати згідно наведеної в роботі формули.

Ключові слова: Грід, надійність, ефективна конфігурація, структура.

GRID SYSTEMS RELIABILITY ESTIMATION

S.N. Efimov, V.V. Tynchenko, V.S. Tynchenko

The paper deals with the problem of Grid-system efficient configuration selection for ensuring the reliable parallel solving of complex application-oriented tasks. The analytical model of reliability and Grid-system functioning assessment is proposed. It is possible to select a high-reliable configuration of centralized Grid-system using this assessment. The description of main characteristics of considered Grid-system is given. The results of analysis are represented by the value of availability factor of modeled Grid-system, which can be obtained from the formula given in the paper.

Key words: Grid, reliability, efficient configuration, structure.

Ефімов Сергей Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інформаційно-управляючих систем Сибирського державного аерокосмічного університету ім. ак. М.Ф. Решетніва, Красноярськ, Росія.

Тинченко Валерия Валериевна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інформатики і вичислительной техніки Сибирського державного аерокосмічного університету ім. ак. М.Ф. Решетніва, Красноярськ, Росія.

Тинченко Вадим Сергеевич – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційно-управляючих систем Сибирського державного аерокосмічного університету ім. ак. М.Ф. Решетніва, Красноярськ, Росія.