УДК 681.324.006.3

МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕГРАДАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Шушаков А. О.

Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского (197182, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ждановская,13)

В соответствии с приоритетными направлениями развития информационных технологий, актуальным является создание единого информационного пространства, связывающего органы государственного управления, министерства и ведомства. Вместе с тем при формировании такой сложной инфо-телекоммуникационной системы возникает проблема обеспечения ее устойчивого функционирования в условиях возможных деструктивных воздействий. Непредсказуемость большинства воздействующих факторов, влияющих на свойства системы и ее топологию, придает особое значение анализу функциональной живучести с учетом состояния элементов системы и действующих между ними взаимосвязей. В статье предложена модель, учитывающая ресурсно-временные характеристики распределенного вычислительного процесса в инфо-телекоммуникационной системе, подверженной деструктивным воздействиям. Полученные аналитические соотношения позволяют оценивать временные потери при обработке информации в условиях нестохастической деградации вычислительной структуры при реализации различных способов загрузки резервных вычислительных модулей.

Ключевые слова: информационно-телекоммуникационная система, реконфигурирование вычислительной структуры, деструктивные воздействия, живучесть.

MODEL OF ORGANISATION OF DISPERSED CALCULATIONS UNDER THE CONDITIONS OF DEGRADATION OF THE COMPUTATIONAL STRUCTURE

Shushakov A. O.

The chair of information systems and networks, Military Space Academy after Mozhaisky (197182, Russia, St. Petersburg, street Zhdanovskaja, 13)

In accordance with priority guidelines of information technologies development it is important to create a unique informational field which will connect state authorities, ministries and departments. At the same time while forming such a difficult informational and telecommunicational system, the problem of its stable functioning under the possible destructive impact emerges. Unpredictability of most effecting factors, which influence the qualities and topology of the system, gives special importance to analysis of its functional vitality taking into account the condition of the system elements and their actual connections. The article represents the model, which takes into account resource and temporal characteristics of dispersed calculation process into the informational and telecommunicational system, which is under the destructive impact. The received analytical correlations allow to estimate the temporal losses during the information processing under the condition of non-accidental degradation of calculation system while realization different ways of loading reserve computing modules.

Keywords: informational and telecommunicational system, reconfiguration of calculating system, destructive impact, survivability.

Введение

Интенсивно развивающаяся сфера информационных технологий в настоящее время открывает широкие перспективы для развития многих областей науки и техники, что находит свое отражение в нормативно-правовых и законодательных актах РФ. Приоритетными являются направления по созданию единого информационно-телекоммуникационного пространства органов государственного, военного управления,

МВД, МЧС и т.д., интегрированной федеральной сети передачи данных, внедрение систем мониторинга, учета и прогнозирования во все сферы деятельности.

Реализация данных направлений возможна на базе создания единой информационно-телекоммуникационной системы (ИТКС), связывающей органы государственной власти, министерства и ведомства.

Однако следует отметить, что устойчивое функционирование такой сложной системы неразрывно связано с обеспечением ее структурной и функциональной живучести. Поиск путей обеспечения высокого уровня живучести требует постановки и решения ряда сложных научно-технических задач. И если исследование структурной составляющей живучести в основном сводится к выявлению уязвимых мест в топологии системы и определению степени их влияния на целостность системы, то исследование функциональной составляющей живучести приводит к определению способности системы решать стоящие перед ней задачи в условиях структурной деградации.

Вместе с тем непредсказуемость изменения большинства воздействующих факторов, влияющих на свойства ИТКС и ее топологию, придает особое значение анализу функциональной составляющей живучести с учетом состояния элементов системы и действующих между ними взаимосвязей. При этом под воздействующими факторами могут пониматься ошибки операторов, физические и программно-аппаратные воздействия злоумышленников и любые деструктивные воздействия, приводящие к структурной деградации системы.

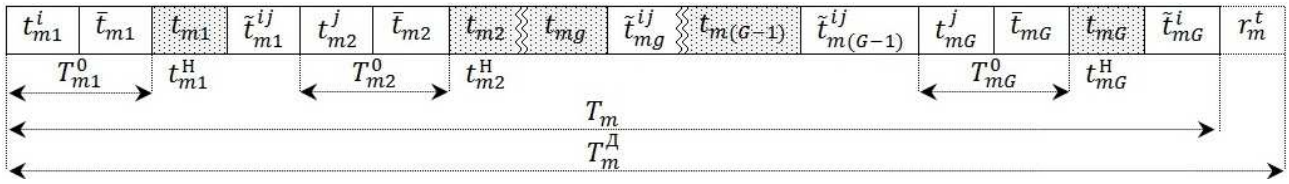

Рис.1. Периоды активной работы элементов ИТКС

Один из путей решения этой задачи лежит в плоскости управления резервными элементами (РМ) ИТКС в процессе диспетчирования вычислительного процесса с учетом ресурсно-временных характеристик на каждой из стадий выполнения плана вычислительного процесса (ПВП).

На рисунке 1 показан фрагмент временной диаграммы при выполнении m-го задания с основными периодами активной работы элементов ИТКС.

МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Математическая модель распределенных вычислений представляет собой зависимость:

$$T_m = f(q, \psi, v) | q \in Q, \psi \in \Psi, v \in V$$

где q – вычислительная структура,

ψ – расписание, определяющее загрузку вычислительных модулей,

v – множество деструктивных воздействий по элементам вычислительной структуры.

Время T_mвыполнения ПВП в этом случае складывается из времени T_{mg}^0ожидания поступления g-йстадии m-го задания в обработку, времени t_{mg} обработки g-й стадии m-го задания i-м вычислительным модулем (ВМ) и времени $\tilde{t}_{mg}^{ij}$, затрачиваемого на передачу результатов обработки g-й стадии от i-го к j-му ВМ для обработки *(g+1)*-й стадии:

$$T_m = \sum_{g=1}^{G}(T_{mg}^0 + t_{mg} + \tilde{t}_{mg}^{ij}). \quad (1)$$

Время ожидания поступления g-й стадии m-го задания в обработку в общем случае зависит от времени t_{mg}^iподготовки i-го ВМ к обработке g-й стадии m-го задания и времени$\bar{t}_{mg}$ ожидания поступления m-го задания в обработку:

$$T_{mg}^0 = t_{mg}^i + \bar{t}_{mg}. \quad (2)$$

Необходимо отметить, что значения величин, входящих в выражение (2), являются функцией от расписания ψ_vзагрузки ВМ [1,4], а также соотношения между количеством заданий M, подлежащих обработке, и величиной выделяемого вычислительного ресурса v_g(количества ВМ):

$$t_{mg}^i\left(\bar{t}_{mg}\right) = f(\psi_v, v_g/M). \quad (3)$$

При этом если значение $v_g/M \geq 1$, то значения $\bar{t}_{mg} = 0$, если данное соотношение выполняется для любых смежных стадий ПВП, то $t_{mg}^i = 0$.

Для сформированного расписания загрузки ВМ начальные моменты $t_{mg}^{\text{Н}}$ времени поступления g-й стадии m-го задания в обработку, начальные моменты $\tilde{t}_{mg}^{\text{Н}}$ времени передачи результатов обработки определяются из соотношений (4) и (5) соответственно, а допустимый r_m^t резерв времени из соотношения (6):

$$t_{mg}^{\text{Н}} = \sum_{k=1}^{g} T_{mk}^0 + t_{m(k-1)} + \tilde{t}_{m(k-1)}^{ij}, \quad (4)$$

$$\tilde{t}_{mg}^{\text{Н}} = t_{mg}^{\text{Н}} + t_{mg}, \quad (5)$$

$$r_m^t = T_m^{\text{Д}} - T_m, \quad (6)$$

где $T_m^{\text{Д}}$ – директивное время завершения обработки m-го задания;

T_m – расчетное время завершения обработки m-го задания.

Модель деструктивных воздействий [3, 6] представлена множеством $V = \{V^A, V^U, \tau^{\text{в}}\}$, где $V^A = \{v_i^A\}$ – показатель деградации i-го элемента, $V^U = \{v_{ij}^U\}$ – показатель деградации канала связи между i-м и j-м элементами,$\tau^{\text{в}}$ – момент времени проведения деструктивных воздействий. При этом показатели деградации определяются как:$v_i^A\left(v_{ij}^U\right) = 0$–воздействие

по элементу системы отсутствует, $v_i^A\left(v_{ij}^U\right) \in]0,1[$– ухудшение характеристик элемента системы,$v_i^A\left(v_{ij}^U\right) = 1$– элемент системы выведен из строя.

Таким образом, в результате деструктивных воздействий в момент времени $\tau^{\text{в}}$, прогнозируемое время t_{mg}^*, затрачиваемое на обработку g-й стадии m-го задания i-мВМ, будет определяться из выражения (7):

$$t_{mg}^* = \left(\tau^{\text{в}} - t_{mg}^{\text{Н}}\right) + \left(t_{mg} - \left(\tau^{\text{в}} - t_{mg}^{\text{Н}}\right)\right)/\left(1 - v_i^A\right), \tag{7}$$

а прогнозируемое время передачи результатов обработки по каналу связи от i-го к j-му ВМ из выражения (8) соответственно:

$$\tilde{t}_{mg}^* = \left(\tau^{\text{в}} - \tilde{t}_{mg}^{\text{Н}}\right) + \left(\tilde{t}_{mg}^{ij} - \left(\tau^{\text{в}} - \tilde{t}_{mg}^{\text{Н}}\right)\right)/\left(1 - v_{ij}^U\right). \tag{8}$$

Из анализа выражений (6), (7) и (8) можно сделать вывод, что условием успешного выполнения задач по предназначению системой будет выполнение условия (9):

$$T_m^{\text{П}} = \begin{cases} t_{mg}^* - t_{mg} \le r_m^t \\ \tilde{t}_{mg}^* - \tilde{t}_{mg}^{ij} \le r_m^t \end{cases}, \forall m \in M \cap g \in G, \tag{9}$$

Таким образом, для обеспечения требуемого уровня функциональной живучести [3, 6] ИТКС, необходимо минимизировать значения $T_m^{\text{П}}$ временных потерь, возникающих в результате деструктивных воздействий. С этой целью все вычислительные средства ИТКС разбиваются на подмножества основных средств, обеспечивающих непосредственное решение задач по предназначению, и резервных, обеспечивающих живучесть системы [5].

При этом на резервных вычислительных модулях (РМ) производится мультипрограммная обработка копий заданий, соответствующих загрузке основных ВМ. При отказе одного из основных ВМ, один из РМ прекращает мультипрограммную обработку и переходит к монопольной обработке задания, выполняемого отказавшим ВМ [2]. С целью сокращения задержки $T_m^{\text{П}}$ в обработке задания отказавший ВМ замещается тем РМ, на котором задание, выполняемое в момент отказа ВМ, выполнялось больше времени. Таким образом, время выполнения g-й стадии m-го задания на РМ будет определяться из соотношения (10):

$$t_{mg}^P = t_{mg} + \left[\left(\tau^{\text{в}} - t_{mg}^{\text{Н}}\right) - max \sum_{t_{mg}^{\text{Н}}}^{\tau^{\text{в}}} \Delta_{mg}^i\right], \tag{10}$$

где Δ_{mg}^i – квант времени, выделяемый на выполнение копийg-й стадии m-го задания, выполняемого на i-м ВМ в момент времени$\tau^{\text{в}}$.

В случае замещения основного канала связи резервным, время передачи результатов обработки будет определяться из выражения (11):

$$\tilde{t}_{mg}^P = \left(\tau^{\text{в}} - \tilde{t}_{mg}^{\text{Н}}\right) + \frac{\left(\omega_{mg} - \left(\tau^{\text{в}} - \tilde{t}_{mg}^{\text{Н}}\right) * p_{ij}\right)}{p_{ij}^{\text{Р}}} \tag{11}$$

где ω_{mg} – объем выходной информации при обработке g-й стадии m-го задания,

p_{ij} – пропускная способность канала связи между i-м и j-м ВМ,

$p_{ij}^{\text{Р}}$ – пропускная способность резервного канала связи между i-м и j-м ВМ.

Таким образом, модель организации распределенных вычислений в условиях деградации вычислительной структуры может быть представлена следующим образом (рисунок 2).

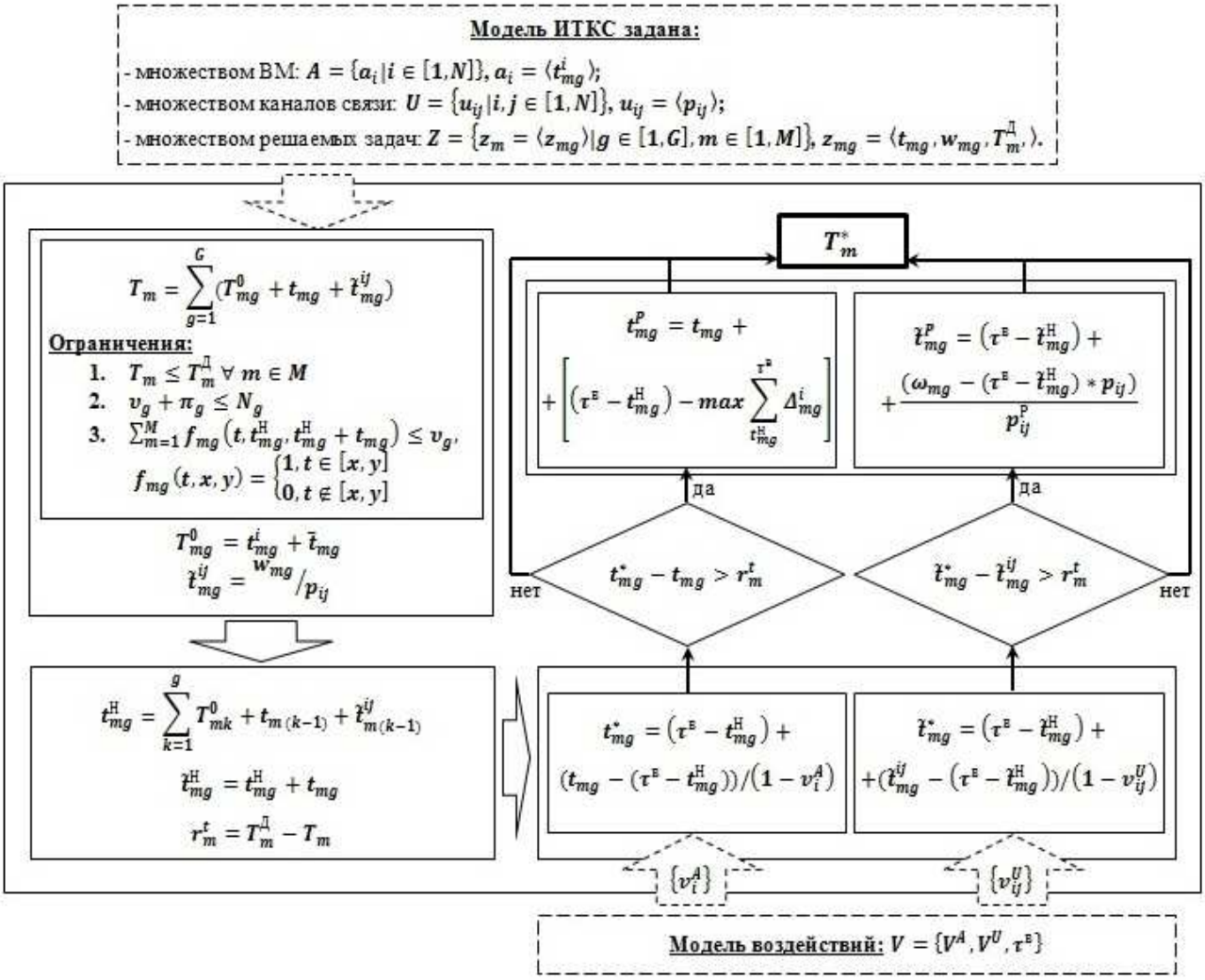

Рис. 2. Модель организации распределенных вычислений в условиях деградации вычислительной структуры

Заключение

Предложенная модель может быть использована для анализа и оценивания эффективности диспетчирования распределенных вычислений в информационно-телекоммуникационных системах, функционирующих в условиях деградации вычислительной структуры.

Список литературы

1. Барский А. Б. Параллельные процессы в вычислительных системах. Планирование и организация. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.
2. Басыров А. Г. Диспетчер энергосберегающего параллельного вычислительного процесса / Басыров А. Г., Данеев А. В., Мастин А. Б. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2010. – № 3 (27). – С. 157-162.
3. Додонов А. Г., Ландэ Д. В. Живучесть информационных систем. – К.: Наук.думка, 2011. – 256 с.
4. Кустов В. Н. Основы теории ограниченного структурного параллелизма // Министерство обороны. – 1992. – 246 с.
5. Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
6. Хорошевский В. Г. Архитектура вычислительных систем: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 520 с.

Рецензенты:

Басыров А. Г., д.т.н., доцент, начальник кафедры информационно-вычислительных систем и сетей Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург.

Петренко С. А., д.т.н., доцент, начальник кафедры математического и программного обеспечения Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург.