

# Формирование вычислительной структуры кластера из свободных ресурсов топологии

Лукашенко В. В.  
научный сотрудник кафедры  
ИВТиМПИ,  
РГУ имени С.А. Есенина  
390046, г. Рязань,  
ул. Свободы, д. 46  
тел. 8 (4912) 97-15-15,  
e-mail: [v.lukashenko@nstlabs.net](mailto:v.lukashenko@nstlabs.net)

Отправлено: Май 1, 2018; Принято: Май 3, 2018;  
Опубликовано: Май 4, 2018. УДК 004.383.3

## Аннотация

В статье рассматривается модель формирования вычислительной структуры кластера из пула свободных ресурсов топологии, как частное решение задачи формирования этой вычислительной структуры из пула свободных вычислительных ресурсов топологии кластера для последующего распределения подзадач по узлам вычислительной структуры. Работа выполнена при финансировании государственного задания, проект №2.9519.2017/8.9.

**Ключевые слова:** распределенные вычисления; кластерные вычисления; нейровычисления.

## 1 Введение

В современной научной и производственной сфере достаточно актуальна задача использования систем распределенной обработки данных из-за недостаточности локальных вычислительных ресурсов для решения ряда задач. Для решения поставленной проблемы с достаточно высокой степенью эффективности применимы масштабируемые параллельные высокоскоростные кластеры на базе нейрокомпьютеров. В работе рассматривается конкретная реализация вычислительного кластера на базе нейрокомпьютеров МВ77.07 ЗАО «НТЦ Модуль», технические характеристики, преимущества и перспективность которых описана в работах (Топорков, 2011; Ручкин, Романчук, & Лукашенко, 2015; Гергель & Полежаев, 2010; Галушкин, 2012; Воеводин & Воеводин, 2002).

При выборе нестандартной архитектуры вычислительных машин кластера необходимо решать задачу построения модели вычислений. Модель вычислений служит связующим звеном между архитектурой вычислительной системы и моделью программирования, и в распределенных системах отражает взаимодействие

процессов. Одной из частных задач, которая требует решения для построения модели вычислений кластера нейрокомпьютеров является нечеткая задача выбора вычислительной структуры нейрокластера, которая была описана в (Ручкин, Романчук, & Лукашенко, 2015). Результатом решения нечеткой задачи выбора вычислительной структуры нейрокластера, является вид самой вычислительной структуры (векторная, конвейерная, векторно-конвейерная, конвейерно-векторная, матричная). Следующим важным шагом станет формирование этой вычислительной структуры из пула свободных вычислительных ресурсов топологии кластера для последующего распределения подзадач по узлам вычислительной структуры. Таким образом, в статье рассматривается модель формирования вычислительной структуры кластера из пула свободных ресурсов топологии.

## 2 Подходы к распространению задач внутри кластера

Существует два принципиальных подхода к распространению задач внутри кластера (Топорков, 2011; Воеводин & Воеводин, 2002). В рассматриваемом случае, это означает, что существует два подхода к формированию вычислительной структуры кластера: статический и динамический, поскольку перед непосредственным распределением очередной подзадачи на очередной вычислительный модуль необходимо ввести его в состав вычислительной структуры, а затем направить на него саму задачу.

При статическом подходе к распространению подзадач внутри вычислительной структуры. Вычислительные машины резервируются заранее и остаются занятыми до конца вычислений, после чего запускается процедура разрезервирования и вычислительные машины возвращаются в режим ожидания. Достоинством такого способа является четкая маршрутизация и четкое следование по графу выполнения программы. К недостаткам можно отнести замедление выполнения задач на вычислительном кластере.

При динамическом подходе очередной вычислительный узел резервируется динамически посредством опроса очередных вычислительных машин после выполнения задачи предыдущим вычислительным модулем. Плюсом такого подхода является сверхбыстрое выполнение задач. Минусом возможные ошибки в маршрутизации и в графе выполнения программ, поступившей задачи. В разрабатываемой системе применен принцип динамического резервирования вычислительных машин.

С математической точки зрения задача динамического резервирования определенных машин кластера состоит в нахождении такой функции  $g_i(t), i = \overline{1, N}$ , где  $t \in [0; +\infty)$  — произвольный момент времени, так что  $g_i(t) \longrightarrow G_i(t) = \{P_i(t), K_i(t), E_i(t), C_i(t), M_i(t), D_i(t), d_i(t), m_i(t), u_i(t)\}$  (1)

Функция  $P_i(t), i = \overline{1, N}$  показывает сколько необходимо вычислительных машин кластера для его вычислительной работы в момент времени  $t \in [0; +\infty)$

Функция  $K_i(t), i = \overline{1, N}$  показывает сколько необходимо коммутаторов для связи вычислительных машин в единую сеть в момент времени  $t \in [0; +\infty)$ . В данном случае в роли коммутатора также может выступать и вычислительная машина, не участвующая в данных вычислениях, но передающая данные далее по сети.

Функция  $E_i(t), i = \overline{1, N}$  показывает сетевой маршрут между вычислительными машинами, коммутаторами в момент времени  $t \in [0; +\infty)$ .

Функции  $C_i(t), M_i(t), D_i(t), i = \overline{1, N}$  определяют для каждого вычислительного узла количество вычислительных ядер - нейропроцессоров, объемы оперативной и дисковой памяти в мегабайтах в момент времени  $t \in [0; +\infty)$ .

Функции  $d_i(t)$  и  $m_i(t)$ , как и ранее, показывают объемы доступной оперативной и дисковой памяти, а функция  $u_i(t)$  характеризует загруженность вычислительных ядер.

Вычислительные ядра могут относиться как к отдельным процессорам, так и к нескольким многоядерным процессорам. С целью упрощения модели они рассматриваются, как единое множество вычислительных ядер узла  $P_i$ :

$$X_i = \{x_1, \dots, x_N\}, i = \overline{1, N} \quad (2)$$

Пусть  $X = \bigcup_{i=1}^J X_i$  множество вычислительных ядер всех узлов кластера. Тогда рассмотрим задачу вычисления динамических параметров  $d_i(t), m_i(t), u_i(t)$ . Процессы, выполняющиеся на вычислительных ядрах, могут напрямую считывать и записывать информацию в оперативную и дисковую память данного узла, взаимодействуя с ними через системную шину или коммутатор. При необходимости передачи сообщения другому вычислительному узлу в рамках одного кластера задействуется сетевая подсистема, осуществляющая разбиение сообщения на пакеты и передачу их по высокопроизводительной коммуникационной сети. Сетевая подсистема каждого узла также содержит коммутатор, выполняющий функции маршрутизации собственных и транзитных пакетов.

Обозначим в качестве  $id(x, t)$  номер задачи, исполняющейся на ядре  $x \in X$  в момент времени  $t$ . Если же ядро  $x$  в момент времени  $t$  было свободно, то  $id(x, t) = 0$ . Пусть  $state(x, t) = \{free, communication, computation\}$  – состояния вычислительного ядра  $x \in X$  в момент времени  $t$  (free – свободно, communication – исполняет процесс на стадии коммуникации, computation – исполняет процесс на стадии вычислений).

Значения динамических параметров узла  $P_i$  в момент времени  $t$  могут быть вычислены по следующим формулам:

$$u_i(t) = \frac{|\{x \in X_i : id(x, t) > 0 \& state(x, t) = computation\}|}{C_i}$$

$$m_i(t) = M_i - \sum_{x \in X_i, e=id(x, t) > 0} m_r \quad (3)$$

$$d_i(t) = D_i - \sum_{x \in X_i, e=id(x,t)>0} dr_e$$

где  $mr_e$  и  $dr_e$  – соответственно объемы оперативной и дисковой памяти, необходимой каждому процессу  $e$ -ой параллельной подзадачи.

Также важно отметить что индекс  $i = \overline{1, N}$ , строго зависит от  $N$  - количество доступных к обработке подпрограмм  $PR = \langle MK_1, MK_2, \dots, MK_i, \dots, MK_N \rangle$ .

## Заключение

Таким образом, в статье представлена модель формирования вычислительной структуры из ресурсов топологии глобально распределенного вычислительного кластера нейрокомпьютеров, являющийся одним из ключевых вопросов в реализации модели вычислений кластера.

## Литература

- Воеводин, В. В., & Воеводин, В. В. (2002). Параллельные вычисления.
- Галушкин, А. И. (2012). Нейронные сети. Основы теории. Монография.
- Гергель, В. П., & Полежаев, П. Н. (2010). Исследование Алгоритмов Планирования Параллельных Задач Для Кластерных Вычислительных Систем С Помощью Симулятора. *Вестник Нижегородского Университета Им. Н. И. Лобачевского*, (5–1), 201–208.
- Ручкин, В. Н., Романчук, В. А., & Лукашенко, В. В. (2015). Обобщенная Модель Вычислений Кластера Нейрокомпьютеров. *Вестник Рязанского Государственного Университета Им. С. А. Есенина*, (2 (47)), 146–150.
- Топорков, В. В. (2011). Модели распределенных вычислений.