

Сомов С.К.

## Использование кластеризации для повышения эффективности работы распределенных систем

**Аннотация:** В работе рассмотрен подход к группированию узлов распределенной системы в кластеры для последующего размещения в этих кластерах реплик фрагментов распределенных баз данных или массивов данных. Группировка узлов системы в кластеры с последующим размещением в них реплик фрагментов баз данных позволяет улучшить такие важные характеристики распределенных систем, как надежность и доступность, сохранность и достоверность используемых данных. Предложен эвристический алгоритм группирования узлов распределенной системы в кластеры.

**Ключевые слова:** распределенные системы, кластеризация узлов сети, репликация данных

Эффективным методом повышения производительности и надежности работы распределенных баз данных и систем является фрагментирование таблиц данных и размещение фрагментов по узлам распределенной системы. В теории и на практике используются различные методы вертикального (vertical partitioning) и горизонтального фрагментирования (horizontal partitioning) данных [1-4]. Для еще большего повышения надежности и производительности работы системы могут создаваться и распределяться по узлам системы идентичные реплики созданных фрагментов данных [4-6].

В статье рассматривается подход, в соответствии с которым в распределенной системе множество узлов группируются в небольшое количество кластеров, а реплики фрагментов данных распределяются в узлах этих кластеров определенным образом. Такой подход позволяет значительно уменьшить трафик сообщений в сети и, соответственно, уменьшить затраты на использование каналов связи распределенной системы.

Обозначим через  $CC(n_i, n_j)$ ,  $i, j = \overline{1, N_s}$  стоимость связи (*communication cost*) между любыми парами всех  $N_s$  узлов распределенной системы, которая пропорциональна расстоянию между парой узлов.

Решение о включении двух узлов сети  $n_i, n_j$  в один кластер принимается на основе значения булевой переменной  $DVC(n_i, n_j)$  (*Decision Value of Clustering*), которое рассчитывается по формуле 1.

$$DVC(n_i, n_j) = \begin{cases} 1, & \text{если } CC(n_i, n_j) \leq MCC \\ 0, & \text{если } CC(n_i, n_j) > MCC \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $MCC$  это максимальная стоимость связи между узлами любого кластера системы. Стоимость связи между любой парой узлов кластера не должна превышать этот предел.

В соответствии со значениями переменной  $DVC(n_i, n_j)$  заполняется матрица  $NCD$  (*Node Clustering Decision*), элементы которой принимают значения 0 или 1. При этом  $NCD(i, j) = 1$ , если пара узлов  $n_i, n_j$  входит в один кластер.

Кластеризация узлов сети выполняется в соответствии со следующим алгоритмом:

Шаг1. Для  $i = \overline{1, N_s}$  выполняем шаги 2-8.

Шаг2. Для  $j = \overline{1, N_s}$  выполняем шаги 3-7.

Шаг3. Если  $j \neq i$  И  $CC(n_i, n_j) \leq MCC$ , то переходим к Шаг 4.

Иначе переходим к Шаг 5.

Шаг 4. Присваиваем  $NCD(i, j) = 1$ . Переходим к Шаг 6.

Шаг 5. Присваиваем  $NCD(i, j) = 0$ .

Шаг 6. Заканчиваем Шаг 3 (Если)

Шаг 7. Заканчиваем Шаг 2 (Для)

Шаг 8. Заканчиваем Шаг 1 (Для).

Шаг 9. Завершение алгоритма.

В результате работы алгоритма формируется матрица  $NCD$ . В таблице 1 приведен пример матрицы для сети из 6 узлов:

Из таблицы 1 видно, что в первый кластер  $C1$  могут быть включены узлы 1 и 4. Оставшиеся узлы в этот кластер включены быть не могут. Узлы 2 и 3 образуют второй кластер  $C2$ , а узлы 5 и 6 – третий кластер  $C3$ .

Таблица 1

Матрица NCD включения узлов в кластеры

Узел	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	1	0

В соответствии со значениями матрицы  $NCD(n_i, n_j)$  заполняется матрица NAC (*nodes and clusters*), определяющая вхождение определенных узлов сети в те или иные кластеры. В таблице 2 показана матрица, построенная в соответствии с элементами матрицы NCD таблицы 1.

Таблица 2

Матрица NAC включения узлов в кластеры

Кластер	Узлы, входящие в кластеры					
<i>C1</i>	1	0	0	4	0	
<i>C2</i>	0	2	3	0	0	
<i>C3</i>	0	0	0	0	5	

После того, как произведена группировка узлов распределенной системы в некоторое множество кластеров, для каждого такого кластера решается задача распределения в узлах этого кластера одной или нескольких реплик фрагментов базы данных. Для решения этой задачи, в силу ее большой вычислительной сложности, можно использовать различные эвристические алгоритмы [2-6], например, алгоритм, приведенный в работе [5].

*Данная работа подготовлена в рамках программы Президиума РАН № 30 (7) «Теория и технологии многоуровневого децентрализованного группового управления в условиях конфликта и кооперации»*

Литература:

1. Сомов С.К. Репликация как инструмент повышения надежности функционирования распределенных систем // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2018. – С. 69–79.

2. *Микрин Е.А., Сомов С.К.* Обзор моделей и методов обеспечения сохранности данных в распределенных системах обработки данных // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2017. – № 4. – С. 5–28.
3. *Ozsu M. T., Valduriez P.* Principles of distributed database systems: Third Edition // Springer, NY, USA: Springer Science+Business Media. – 2011. — 866 p.
4. *Чернышев Г.А.* Обзор подходов к организации физического уровня в СУБД // Труды СПИИРАН. – 2013. – Вып. 1(24). – С. 222 – 275.
5. *Сомов С.К.* Сохранность информации в распределенных системах обработки данных. – М.: ИПУ РАН, 2019. – 254 с.
6. *Hababeh I.O., Ramachandran M., Bowring N.* A high-performance computing method for data allocation in distributed database systems // J Supercomputing. – 2007. – № 39. – P.3–18.