

УДК 004.023

СИСТЕМНЫЙ МЕТОД ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МУЛЬТИКЛАСТЕРА

Дьяченко Р.А., Багдасарян Р.Х., Рудешко Н.А., Лысенков К.А.

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,
e-mail: rafael_555@mail.ru

Выбор технологии построения вычислительной сети – одна из наиболее важных задач в построении электроэнергетического мультикластера. Она влияет на создание, разработку, расширение, программирование кластера и использование программного обеспечения для распределенных вычислений. Некоторые технологии могут предложить готовые программные решения, но они имеют достаточно высокую стоимость и могут быть привязаны к определенным аппаратным платформам. Другие имеют широкий спектр возможностей и высокий порог вхождения. В общем, мультикластер может стать системой, которая автоматически контролирует энергетическую сеть и стоит недорого по сравнению с суперкомпьютером из-за использования в основном настольного аппаратного обеспечения. В данной статье авторы анализируют различные критерии при выборе технологии построения вычислительного кластера для электроэнергетического мультикластера и сравнивают между собой каждую кластерную технологию, используя данные критерии. В статье также составлена трехуровневая иерархия, проанализирован каждый из уровней, и выбрана оптимальная кластерная технология для электроэнергетического мультикластера с использованием метода анализа иерархий.

Ключевые слова: системный метод, мультикластер, технология

SYSTEM METHOD OF MAKING DECISIONS ABOUT CHOICING TECHNOLOGY OF BUILDING COMPUTING CLUSTER FOR ELECTRO ENERGETIC MULTICLUSTER

Djachenko R.A., Bagdasaryan R.Kh., Rudeshko N.A., Lysenkov K.A.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: rafael_555@mail.ru

Choice of technology of building cluster is one of the most important objectives in building electro energetic multicluster. It makes a very strong influence on creating, developing, extending, programming cluster and using special software for distributed computing. Some of technologies can offer ready software solutions, but they are expensive and attached for special hardware platforms, for example, Intel-only and Alpha-only solutions. Others have very wide spectrum of features that, however, require high barrier of entry. In general, cluster can offer a system that automatically controls electro energetic network and costs a little in comparing with a supercomputer because of using mostly desktop hardware. In the article authors analyze different criterions of choosing technology and compare each technology to other using these criterions. In the article authors compose three-level hierarchy, analyze all its levels and choose optimal cluster technology of building electro energetic multicluster using method of analyzing hierarchies.

Keywords: systematic method, multicluster, technology

В настоящее время технология построения вычислительной сети – одна из наиболее важных задач в построении электроэнергетического мультикластера. Она влияет на создание, разработку, расширение, программирование кластера и использование программного обеспечения для распределенных вычислений [3, 2]. При создании электроэнергетического мультикластера одной из главных проблем является выбор кластерной технологии для построения вычислительной сети. Одни технологии могут предложить готовые программные решения, но они могут стоить достаточно дорого и могут быть привязаны к определенным аппаратным платформам. Другие могут предложить широкий спектр возможностей, которые, однако, могут иметь более высокий порог вхождения. В целом, мультикластер может стать системой, которая автоматически контролирует энергетическую

сеть, стоит недорого по сравнению с суперкомпьютером из-за использования в основном настольного аппаратного обеспечения.

Мультикластер – вычислительная система, состоящая из нескольких стандартных серверных систем, объединенных в сеть и использующих специальное ПО, позволяющее им функционировать как единая вычислительная система, применяемая для решения научных или инженерных задач [5]. Существуют различные технологии построения кластеров. При развертывании мультикластера в качестве «надстройки» над уже существующей сетью электроэнергетических подстанций главной проблемой становится выбор подходящей технологии. Каждая технология имеет свои достоинства и недостатки, и возникает необходимость в использовании формального метода, позволяющего подобрать наиболее подходя-

щую. Таким методом может являться метод анализа иерархий, разработанный американским ученым Томасом Саати и изложенный в [4].

Метод состоит из трех этапов:

1) декомпозиция решаемой проблемы выбора технологии на все более простые части, представление проблемы в иерархической форме;

2) попарные сравнения различных элементов иерархии;

3) синтез локальных приоритетов.

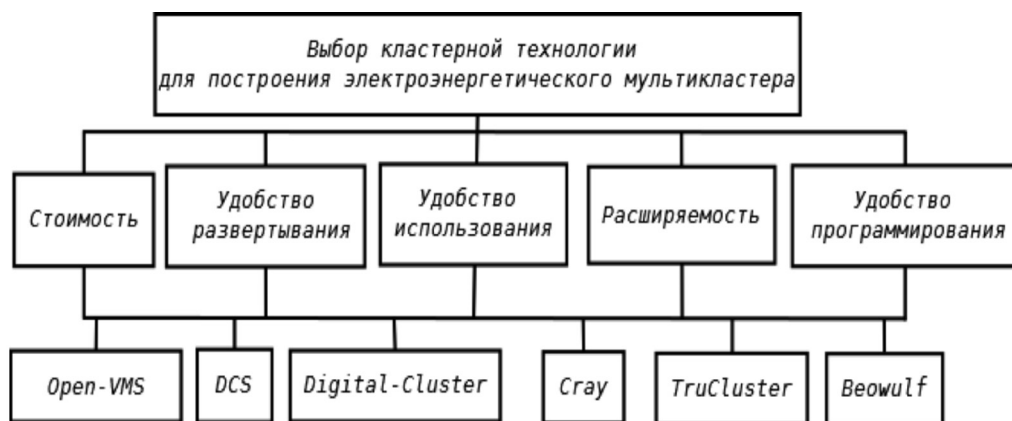
Этап 1. Обозначение критериев и технологий.

Представим задачу в иерархической форме (рисунок). На высшем уровне находится главная задача – выбор подходящей кластерной технологии. На втором уровне – критерии, характеризующие качество каждой технологии. На третьем уровне представлены альтернативные кластерные технологии – их нужно оценить по отношению к критериям второго уровня.

для настройки, обеспечивающая параллелизм по данным. В то же время отличается высокой стоимостью, а настройка достаточно сложна;

T_2 – OpenVMS-кластер – кластер, основанный на архитектурах Alpha или VAX. По данной технологии можно создавать системы любого размера и сложности. В то же время, данные архитектуры являются не слишком распространенными, а масштабирование системы представляет собой дорогое и сложное мероприятие;

T_3 – TruCluster – основывается на среде Digital Unix. Эта ОС имеет закрытую лицензию и является платной – что, в сравнении с описанной ниже технологией Beowulf, является минусом для большинства систем. В то же время TruCluster имеет высокую степень масштабируемости и позволяет применять решения на основе промышленных стандартов (что является достоинством, т. к. в данной работе подбирается технология именно для промышленного использования).



Иерархическое представление выбора кластерной технологии для построения электроэнергетического мультикластера

Рассмотрим множество критериев оценки решения задачи:

$$K = \{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5\}, \quad (1)$$

где K_1 – стоимость, K_2 – удобство развертывания, K_3 – расширяемость, K_4 – удобство использования, K_5 – простота программирования.

Различные кластерные технологии подробно описаны в [3]. Они представлены множеством

$$T = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6\}, \quad (2)$$

где T_1 – DCS система распределенных вычислений. Клиент-серверная система, основанная на продуктах корпорации Microsoft, имеющая много возможностей

T_4 – Digital-кластер – также имеет высокую степень масштабируемости, кроме того, при отказе любого узла системы система продолжит функционировать. Также, кластер позволяет использовать как архитектуры Intel, так и Alpha. Минусом является то, что все узлы должны иметь одинаковую архитектуру.

T_5 – массивно-параллельные суперкомпьютеры серии CRAY T3. Данные компьютеры отличаются высокой производительностью – но соответственно высокой же ценой и труднодоступностью.

T_6 – кластерные системы класса Beowulf. Важнейшее достоинство системы – ее независимость от аппаратного обеспечения. Главное – чтоб на компьютерах-

узлах сети могла работать операционная система Linux. По сути, Beowulf-кластер представляет собой обычную вычислительную сеть со стандартной архитектурой, но составляющие ее узлы пассивны, и вся система работает как один компьютер.

Этап 2. Составление матриц попарных сравнений.

Следующим шагом при использовании МАИ является составление таблиц попарных сравнений. Для этого следует определить шкалу, позволяющую численно оценивать важность элементов каждого уровня. Приведенная в [4] шкала попарных сравнений представляется для данной задачи избыточной, поэтому разработаем на ее основе упрощенную шкалу (таблицу).

$$L^{(2)} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 1/2 & 1/4 \\ 1/2 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/4 \\ 1/3 & 2 & 1 & 1/2 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 1 & 1 \\ 4 & 4 & 1/2 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

K_1 : по критерию «Стоимость» T_6 получил высшую оценку, так как эта технология предусматривает бесплатное ПО с открытым исходным кодом и использование настольных комплектующих, которые, как правило, являются более дешевыми, чем серверные решения. Промежуточное

Шкала важности элементов каждого уровня

Интенсивность относительной важности	Определение	Объяснения
1	Равная важность	Равный вклад двух видов деятельности в цель.
2	Умеренное превосходство одного над другим	Опыт и суждения дают легкое превосходство одному виду деятельности над другим.
3	Значительное превосходство	Опыт и суждения дают сильное превосходство одному виду деятельности над другим.
4	Очень сильное превосходство	Очевидность превосходства одного вида над другим подтверждается наиболее сильно.

Имея шкалу оценки, можно приступить к построению матриц попарных сравнений, где и будет применена эта шкала, для всех уровней иерархии.

Матрица попарных сравнений строится следующим образом:

1) каждый элемент слева сравнивается с элементом сверху;

2) если элемент слева лучше, чем элемент сверху, в клетку заносится положительное число (от 1 до 4), иначе – обратное число;

3) таких матриц для данной задачи нужно составить шесть: одну для уровня 2, так как нам нужно сравнить набор критериев между собой, и пять для уровня 3, так как требуется сравнить по каждому из пяти критериев имеющиеся альтернативы технологий.

При попарной оценке критериев наиболее важным был выбран критерий K_4 («Удобство использования»), так как необходимо обеспечить низкий порог вхождения для пользователей системы и обслуживающего персонала. Наименьшую оценку получил критерий K_2 («Удобство развертывания»), так как это однократная операция, и в любом случае она требует серьезного подхода [1]. По вышеприведенной методике можно построить матрицу попарных сравнений для уровня 2

положение занимают T_2 , T_3 и T_4 , так как отношение стоимости аппаратной части к стоимости программной у них примерно равно. Наименее низкие оценки получили T_1 и T_5 : T_1 – за дорогие корпоративные решения от компании Microsoft, а T_5 – за дорогую аппаратную часть от Cray Supercomputers.

K_2 : самые высокие оценки были присвоены T_5 и T_6 , так как T_5 имеет набор готовых программных решений и библиотек, а T_6 предлагает полностью готовые программно-аппаратные комплексы с высокой степенью интеграции. Наименьшие оценки получили T_1 и T_2 за слишком высокую фрагментацию в аппаратной части.

K_3 : наивысшая оценка присвоена T_6 , так как расширение происходит добавлением нового узла, что не представляет сложности, особенно учитывая аппаратную базу. Наименьшую оценку получил T_5 за отсутствие альтернативных производителей аппаратной части.

K_4 : примерно одинаковые оценки получили T_3 за высокую степень стандартизации (которая диктуется промышленным применением), T_5 за программную часть, изначально разработанную для конкретного аппаратного обеспечения, и T_6 за унифицированную программную часть.

K_5 : наивысшую оценку получил T_5 за специально разрабатываемые и поддерживаемые производителем средства программирования. Чуть меньшую оценку получил T_6 за полностью открытый исходный код всего программного обеспечения и наличия справочной и обучающей литературы в широком доступе.

Далее, используя вышеописанную методику попарных сравнений, получили матрицы для третьего уровня:

$$L_1^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 1/3 & 3 & 1/4 \\ 2 & 1 & 3 & 1 & 3 & 1/4 \\ 3 & 1/3 & 1 & 2 & 2 & 1/2 \\ 3 & 1 & 2 & 1 & 2 & 1/2 \\ 1/3 & 1/3 & 1/2 & 1/2 & 1 & 1/3 \\ 4 & 4 & 2 & 2 & 3 & 1 \end{pmatrix},$$

$$L_2^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 1/2 & 3 & 1/3 \\ 1/2 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1/3 & 1/2 \\ 1/2 & 2 & 1 & 2 & 1/2 & 1/2 \\ 2 & 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 2 & 2 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 2 & 3 & 1/2 & 1 \end{pmatrix},$$

$$L_3^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1/3 & 1/2 & 2 & 1/3 \\ 1/2 & 1 & 1/3 & 1/3 & 2 & 1/3 \\ 3 & 3 & 1 & 2 & 2 & 1/3 \\ 2 & 3 & 1/2 & 1 & 2 & 1/2 \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1 & 1/4 \\ 3 & 3 & 3 & 2 & 4 & 1 \end{pmatrix},$$

$$L_4^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 & 3 & 1/2 \\ 1/2 & 1 & 2 & 1/3 & 1/2 & 1/3 \\ 1 & 1/2 & 1 & 2 & 1/2 & 1/2 \\ 1/2 & 3 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 1/3 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1/3 \\ 2 & 3 & 2 & 3 & 3 & 1 \end{pmatrix},$$

$$L_5^{(3)} = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 & 2 & 3 & 1 \\ 1/4 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1/3 & 1/4 \\ 1/2 & 2 & 1 & 2 & 1/3 & 1/2 \\ 1/2 & 2 & 2 & 1 & 1/3 & 1/2 \\ 1/3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 2 \\ 1 & 4 & 2 & 2 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}.$$

Этап 3. Синтез локальных приоритетов

На заключительном этапе следует «решить» каждую матрицу, найдя относительную ценность каждого объекта. Далее необходимо найти собственные компоненты вектора приоритетов. Они вычисляются согласно методике описанной в [4].

Для второго уровня вектор компонент имеет вид

$$V^{(2)} = \begin{pmatrix} 0,25 \\ 0,00694 \\ 0,055 \\ 4 \\ 2,6 \end{pmatrix}.$$

Для третьего уровня векторы компонент имеют вид:

$$V_1^{(3)} = \begin{pmatrix} 0,5296 \\ 1,351 \\ 1,1487 \\ 1,43097 \\ 0,39202 \\ 2,2974 \end{pmatrix},$$

$$V_2^{(3)} = \begin{pmatrix} 1,14869 \\ 0,46105 \\ 0,87055 \\ 0,802741 \\ 1,515717 \\ 1,782602 \end{pmatrix},$$

$$V_3^{(3)} = \begin{pmatrix} 0,74021 \\ 0,517282 \\ 1,643752 \\ 1,245731 \\ 0,4352753 \\ 2,93015605 \end{pmatrix},$$

$$V_4^{(3)} = \begin{pmatrix} 0,9221079 \\ 0,51728186 \\ 0,87055056 \\ 0,60836434 \\ 1,78260246 \\ 2,550849 \end{pmatrix},$$

$$V_s^{(3)} = \begin{pmatrix} 2,168944 \\ 0,34941356 \\ 1 \\ 0,802742 \\ 1,782603 \\ 1,5157166 \end{pmatrix}.$$

Получившиеся векторы собственных компонент для второго и третьего уровней необходимо нормализовать. Это делается для того, чтобы получить долю, которая

приходится на каждый элемент столбца. Доля называется локальным приоритетом.

Нормализованный вектор второго уровня имеет вид

$$N^{(2)} = \begin{pmatrix} 0,036 \\ 0,000995 \\ 0,00796 \\ 0,5731 \\ 0,38 \end{pmatrix}.$$

Матрица нормализованных векторов для третьего уровня имеет вид

$$N^{(3)} = \begin{pmatrix} 0,074075 & 0,17454 & 0,098532 & 0,1271565 & 0,28466 \\ 0,18895438 & 0,07005 & 0,06885698 & 0,0713319 & 0,048183305 \\ 0,160665 & 0,132275 & 0,165823 & 0,21880485 & 0,137898 \\ 0,200145 & 0,12197 & 0,165823 & 0,083892 & 0,110696 \\ 0,054831 & 0,2303043 & 0,0579408 & 0,2458167 & 0,245816 \\ 0,3213294 & 0,270856 & 0,39004207 & 0,351756 & 0,209013 \end{pmatrix}.$$

Итоговый вектор приоритетов, полученный путем умножения матриц локальных приоритетов второго уровня на матрицу локальных приоритетов третьего уровня, имеет вид

$$V = N^{(2)} \cdot N^{(3)} = \begin{pmatrix} 0,19 \\ 0,07 \\ 0,13 \\ 0,10 \\ 0,24 \\ 0,30 \end{pmatrix}.$$

Далее под синтезом будем понимать поиск индекса вектора V , имеющего наибольшее значение. В нашем случае это 6-й элемент вектора приоритетов, который соответствует альтернативе T_6 , т.е. – технологии Beowulf.

Заключение

В результате использования метода анализа иерархий при выборе кластерной технологии построения энергетического мультикластера была составлена иерархия выбора технологии, выбрана шкала попарной оценки для критериев и технологий, составлены матрицы попарных сравнений для каждого уровня иерархии, составлен вектор приоритетов, отражающий преимущество каждой технологии с учетом важности критериев сравнения.

Список литературы

1. Атрошенко В.А., Кабанков Ю.А., Дьяченко Р.А. Теория информационных систем электроэнергетических комплексов. Монография LAP Lambert Academic Publishing, 2012.
2. Атрошенко В.А., Фишер А.В., Дьяченко Р.А. К вопросу сбора данных электроэнергетических систем // Поли-

тематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2012. – С. 853–863.

3. Бельченко В.Е., Дьяченко Р.А., Лоба И.С., Нefeldьев Е.М., Трофимов П.В. Теоретические аспекты построения информационных систем мониторинга и прогнозирования объектов электроэнергетики. Монография РИО АГПА, 2013.

4. Томас Саати, К. Кернс. «Аналитическое планирование, организация систем». – М.: «Радио и связь», 1991. – С. 34–41.

5. Эндриу Таненбаум. «Архитектура компьютера, 5-е издание». – СПб, «Питер», 2007.

References

1. Atroshhenko V.A., Kabankov Ju.A., Djachenko R.A. Teorija informacionnyh sistem jelektronergeticheskikh kompleksov. Monografija LAP Lambert Academic Publishing, 2012.
2. Atroshhenko V.A., Fisher A.V., Djachenko R.A. K voprosu sbora dannyh jelektronergeticheskikh sistem // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). 2012. pp. 853–863.
3. Belchenko V.E., Djachenko R.A., Loba I.S., Nefedev E.M., Trofimov P.V. Teoreticheskie aspekty postroeniya informacionnyh sistem monitoringa i prognozirovaniya obektov jelektronergetiki. Monografija RIO AGPA, 2013.
4. Tomas Saati, K. Kerns. «Analiticheskoe planirovanie, organizacija sistem». M.: «Radio i svjaz», 1991. pp. 34–41.
5. Jendru Tanenbaum. «Arhitektura kompjutera, 5-e izdanie». SPb, «Piter», 2007.

Рецензенты:

Шевцов Ю.Д., д.т.н., профессор, профессор кафедры информатики и вычислительной техники факультета компьютерных технологий и автоматизированных систем, ФГБОУ «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар;

Степанов В.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры информатики и вычислительной техники факультета компьютерных технологий и автоматизированных систем, ФГБОУ «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар.

Работа поступила в редакцию 15.04.2015.