

**ВЫБОР ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ НА ОСНОВЕ
АНАЛИЗА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ¹****ABSTRACT**

A fast growth of IT during last decades gave rise to the interest in high-performance computing clusters (HPC). Therefore, the problem of HPC selection is to be tackled. The comparison of clusters from different vendors is treated as multicriteria choice problem. We developed the set of criteria to describe high-performance computing hardware. The problem above is considered in a strategic choice way. The alternatives are estimated by both quantitative and qualitative criteria, with the later playing the major role. Finally, we introduce the new verbal decision analysis method for multicriteria choice of HPC.

Введение

Одним из способов создания суперкомпьютеров является применение кластерных технологий на основе использования стандартных компьютерных комплектующих. В соответствии с определением компании DEC, кластер - это группа вычислительных машин, которые связаны между собою и функционируют как один узел обработки информации [3,4]. В настоящее время можно выделить множество областей, где использование вычислительных кластеров (далее ВК) дает возможность получить результат на порядок быстрее, чем использование многопроцессорных рабочих станций. К подобным областям относятся исследования генома человека, биоинформатика, биохимия, биофизика, моделирование погоды, анализ фондового рынка, исследования прочности, теплофизика, динамика жидкостей и газов, электромагнетизм и другие. Таким образом, можно сделать следующие выводы: (1) Имеется достаточно широкий набор прикладных программ, требующих большой вычислительной мощности от вычислительной техники. В последние годы такое программное обеспечение все больше востребовано отечественными потребителями; (2) Стало возможным из стандартных и относительно недорогих компонентов создавать достаточно производительный ВК; (3) Наблюдается тенденция снижения стоимости большинства компонентов, составляющих ВК, в частности, компонентов межсетевое взаимодействия.

Поскольку имеется возможность гибко и последовательно наращивать производительность ВК, можно говорить о том, что любые инвестиции в данное направление можно рассматривать как достаточно долгосрочные (5-7 лет), что, в свою очередь, накладывает дополнительную ответственность на лицо, принимающее решение (ЛПР), которое осуществляет выбор подобного вычислительного комплекса для своих целей. В качест-

¹ Работа частично поддержана грантом Президента Российской Федерации для поддержки ведущих научных школ НШ1964.20 03.1, Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 02-01-01077, 04-01-00290), Российской академией наук (программы фундаментальных исследований РАН «Математическое моделирование и интеллектуальные системы» и ОИТВС РАН «Фундаментальные основы информационных технологий и систем»)

ве ЛПР могут выступать руководители подразделений автоматизации предприятий или начальники расчетных бюро. Система поддержки принятия решений для выбора ВК призвана помочь ЛПР в этом непростом деле.

1. СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Большое количество компонентов, которое можно использовать для построения высокопроизводительных вычислительных систем, позволяет собрать из них громадное число различных конфигураций ВК. При этом далеко не все такие конфигурации являются работоспособными. Компоненты, входящие в состав ВК, должны быть совместимы между собой и с прикладным программным обеспечением, которое будет эксплуатироваться.

1.1. Постановка задачи

Информацией о совместимости различных компонентов ВК и программного обеспечения обладают эксперты. В качестве экспертов выступают как конечные пользователи, так и разработчики программных и аппаратных средств. Информация от экспертов позволяет существенно сократить количество ВК для последующего сравнения и выбора наилучшего из них для целей конечного пользователя. При этом экспертов условно можно разделить на три группы: Производители аппаратных средств, т.е. непосредственно ВК (I). Производители программного обеспечения, при использовании которого, требуются большие вычислительные ресурсы (II). Конечные пользователи (III). При этом экспертам первой и второй группы необходимо провести предварительное изучение тех задач, которые стоят перед конечными пользователями. В качестве желательного результата решения выступает конфигурация ВК, представленная определенным производителем. В качестве ограничений при выборе ВК выступают следующие факторы: совместимость компонентов ВК с программным обеспечением для расчетов; стоимость ВК; производительность ВК.

Предварительным этапом выбора ВК является формирование перечня оборудования. Соответственно, из этого перечня необходимо выбрать наиболее предпочтительный ВК. Задача выбора ВК может рассматриваться в следующих вариантах: Выбор наиболее подходящего ВК из числа кластеров известной конфигурации. Элементами списка могут выступать конфигурации ВК от различных производителей для решения конкретных вычислительных задач (Постановка 1). Выбор конфигурации ВК из всевозможных компонентов, совместимых между собой и совместимых с заранее заданным прикладным программным обеспечением (Постановка 2). В ситуации, когда после конфигурирования мы получили несколько вариантов ВК, задача сводится к Постановке 1. Известно, что разница между данными двумя постановками состоит в том, что во втором случае необходима разработка механизма предварительного «отсева» либо «технологически невозможных» конфигураций, либо возможных, но не совместимых с программным обеспечением. Для формирования совместимых конфигураций ВК целесообразно использовать механизм морфологического анализа [5], который позволяет сформировать базу знаний, содержащую допустимые конфигурации. Морфологический анализ является одним из методов генерации альтернативных вариантов решения проблемы или ее составляющих. Выбор ВК зависит от следующих факторов: 1. - выбор прикладной программы, требующей использования ВК в ка-

честве аппаратной платформы; 2. - размерность счетной задачи и необходимый временной выигрыш; 3. - точность расчетов; 4. - интенсивность обмена данными между вычислительными узлами.

1.2. Получение решения

Задачу выбора ВК можно отнести к классу задач стратегического выбора. Задачи стратегического выбора характеризуются следующим образом: 1. - имеется сравнительно немного (не более 10) вариантов решения проблемы, из которых следует выбрать один, наилучший; 2. - варианты оцениваются по многим критериям. Среди них могут быть как количественные, так и качественные критерии, при этом последние преобладают; 3. - существует большая неопределенность в оценках вариантов по критериям, неустранимая на момент принятия решений; 4. - принимаемое решение относится к будущему и его последствия имеют долгосрочный характер; 5. - имеется ЛПР, несущее основную ответственность за результат принятия решений; 6. - задачей ЛПР является выбор наилучшего варианта, соответствующего его целям.

Выбор принципа решения задачи является важным методологическим этапом [2]. Для решения поставленной задачи целесообразно использовать подход к выбору лучшего объекта, который базируется на принципах, заложенных в методах вербального анализа решений (ВАР) [1,6,8]. ВАР ориентирован на так называемые слабоструктурированные задачи, где качественные и субъективные факторы доминируют. В методах ВАР используются операции получения информации от ЛПР и экспертов, которые, по результатам проведенных психологических экспериментов, считаются надежными [6]. Кроме того, информация, получаемая от ЛПР, проверяется на непротиворечивость, а выявленные противоречия предъявляются лицу, принимающему решения, для анализа и разъяснения. В методах этой группы не используются коэффициенты важности критериев, а лишь вербальные оценки альтернатив по критериям, к которым не применяются никакие количественные преобразования.

1.3. Исполнение решения

Поскольку задача выбора ВК относится к классу задач стратегического выбора, то принимаемое решение (выбор наиболее предпочтительного ВК) относится к будущему и его последствия имеют долгосрочный характер. Оценить правильность принятого решения можно будет только по истечении некоторого времени. Важно также заметить, что предлагаемый подход позволяет ЛПР существенно сократить время, необходимое для выбора наиболее предпочтительного ВК, так как в процессе принятия решения у него есть возможность воспользоваться услугами экспертов. Нет необходимости самостоятельно проводить достаточно сложное тестирование многочисленных вариантов конфигураций ВК совместно с программным обеспечением, что, зачастую, просто невозможно, исходя из чисто технических и организационных аспектов.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА

На основе анализа литературы [4,7,8,9,10] был предложен список характеристик ВК. Характеристики ВК можно разделить на две группы. Первая группа — это основные

характеристики. К этой группе относятся следующие характеристики: производитель, стоимость, производительность. Ко второй группе характеристик относятся технические: тип процессора, общий объем и тип оперативной памяти, общий объем и тип дисковой памяти, базовые аппаратные платформы, технология построения сети, характеристики, влияющие на условия эксплуатации, операционная система, кластерное программное обеспечение. Характеристики можно также разделить на четыре группы критериев: стоимость, производительность, сложность эксплуатации и возможность модернизации.

3. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНОК ПО КРИТЕРИЯМ

На базе рассмотренных выше характеристик ВК, была разработана система критериев и оценок. Та или иная характеристика вычислительного кластера влияет на экспертную оценку по одному из четырех критериев.

3.1. Стоимость

Стоимость ВК выступает как самостоятельный количественный критерий.

3.2. Производительность

Производительность также выступает как самостоятельный количественный критерий.

3.3. Возможность модернизации

Оценки по качественному критерию «Возможность модернизации»: Высокая. Технология построения сети позволяет добавлять дополнительные узлы, не опасаясь того, что увеличение трафика приведет к перегрузке. Вычислительные узлы оснащены современными процессорами, модернизация которых в ближайшее время не потребуется. Общий объем и тип оперативной и дисковой памяти отвечает требованиям задачи и имеется возможность ее увеличения в будущем. Базовые платформы вычислительных узлов позволяют в дальнейшем перейти на новые, более быстрые технологии построения сети. Средняя. Возможности добавления новых вычислительных узлов ограничены, тем не менее, для решаемой вычислительной задачи нет оснований полагать, что производительность сети может стать узким местом. Вычислительные узлы имеют некоторые ограничения на установку в будущем новых процессоров. Объем и тип оперативной и дисковой памяти отвечает требованиям расчетной задачи, однако большого резерва по наращиванию ее объема нет. Базовые аппаратные платформы отвечают всем современным техническим требованиям. Низкая. Возможности добавления новых вычислительных узлов нет. В будущем технология построения сети может стать узким местом. Возможности модернизации вычислительных узлов как с точки зрения установки новых процессоров, так и с точки зрения наращивания объема оперативной и дисковой памяти, ограничены. Базовые платформы отвечают не всем современным технологическим требованиям.

3.4. Сложность эксплуатации

Оценки по качественному критерию «Сложность эксплуатации»: Низкая. Вычислительная техника представлена известным производителем, обладающим разветвленной сетью технической поддержки и авторизованных сервис центров. Вычислительный кластер не предъявляет серьезных требований по организации условий эксплуатации. С сопровождением вычислительного комплекса может справиться любой подготовленный опытный пользователь. Средняя. Вычислительная техника представлена хорошо зарекомендовавшим себя производителем. Нет негативной статистики по уровню сопровождения и гарантийного обслуживания. Для организации должных условий эксплуатации необходимо провести ряд мероприятий. Сопровождение вычислительного комплекса не требует постоянного присутствия системного администратора. Высокая. Вычислительная техника представлена производителем, не пользующимся широкой известностью. Нет достаточного количества рекомендаций. Нет данных о качестве сопровождения и гарантийного обслуживания. Для организации должных условий эксплуатации необходимо провести большой объем мероприятий. Сопровождение вычислительного комплекса требует постоянного присутствия высококвалифицированного системного администратора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. – М.: Физматлит, 1996.
2. Петровский, А. Компьютерная поддержка принятия решений: современное состояние и перспективы развития / А. Петровский // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник.— М.: Эдиториал УРСС, 1996.— С. 146–178.
3. Савяк В. Эффективные кластерные решения - www.ixbt.com/cpu/clustering.shtml
4. Климанов В.П., Сулягин М.В., Быстрикова В.А. Задачи катастрофоустойчивости кластерных вычислительных систем. // *Новости искусственного интеллекта*, 2002, № 3 (51), с. 22-30.
5. Levin, M. Sh. System synthesis with morphological clique problem: fusion of subsystem evaluation decisions / M. Sh. Levin // *Information Fusion*. - 2001.- V. 2, no. 3.- Pp. 225–237.
6. E.M. Furems, O.I. Larichev, G.V. Roizenzon, A.V. Lotov, K. Miettinen. Human behavior in a multi-criteria choice problem with Individual tasks of different difficulties. // *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 2003, V. 2, No. 1, pp. 29-40.
7. Фортос В.Е., Савин Г.И., Левин В.К., Забродин А.В., Шабанов Б.М. Создание и применение системы высокопроизводительных вычислений на базе высокоскоростных сетевых технологий. // *Информационные технологии и вычислительные системы*, 2002, № 1, с. 3-9.
8. Г.В. Ройзензон. СППР для выбора вычислительных кластеров. // *Труды международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (IEEE AIS'03) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2003)*. – М.: Физматлит, 2003, т. 1, с. 443-448.
9. В.А. Крюков, Разработка параллельных программ для вычислительных кластеров и сетей. // *Информационные технологии и вычислительные системы*, 2003, № 1-2, с. 42-59.
10. Иванюлов Е.И. Некоторые аспекты выбора серверов // *Корпоративные системы*, № 4, 2003, с. 34-36.