

СИСТЕМА ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ GRID СИСТЕМ

Национальный технический университет Украины «КПИ»

Предложена система классификации характеристик вычислительных ресурсов распределенных неоднородных Grid систем по различным показателям. Рассмотрены количественные, нормированные оценки характеристик показателей Grid систем, влияющих на распределение задач по ресурсам при динамическом планировании. Введен интегральный коэффициент степени претендования заявки на ресурс. Предложены основные подходы к нормированию параметров узлов Grid систем для использования их при вычислении интегрального показателя претендования заявки на ресурс..

Введение

Для эффективного назначения вычислительных задач узлам Grid системы необходимо собрать данные об ее узлах и сформировать некоторый интегральный показатель, который можно было бы использовать для того, что бы оценить насколько узел Grid системы подходит данной пользовательской задаче. Эта проблема стоит перед, так называемыми, системами-брокерами, которые занимаются распределением задач узлам Grid системы. Для решения этой проблемы предлагается, на основе данных мониторинга узлов Grid системы, получить интегральный показатель предпочтения узла пользовательской задаче.

Для вычисления коэффициентов предпочтения (претендования) каждого узла Grid системы для каждой пользовательской задачи (заявки) необходимо решить проблему нормализации (нормирования) всех параметров узлов Grid системы, которые фиксируются системой мониторинга. Для определения степени предпочтения для назначения заявки на ресурс можно предложить следующее выражение:

$$K = \max\left(\prod_{x=1}^M R_x \times \sum_{y=1}^N R_y\right), \quad (1)$$

где

R_x – степень выполнения обязательного требования;

R_y – степень выполнения оптимизирующего требования;

M – количество обязательных требований;

N – количество оптимизирующих требований;

K – коэффициент предпочтения i -го узла для размещения на j -ой задачи.

Степень выполнения и оценка обязательных требований не вызывает особых трудностей, так как невыполнение хотя бы одного из них приводит к тому что коэффициент предпочтения к данному узлу будет равен нулю. С оптимизирующими параметрами дело обстоит сложнее, так как необходимо из количественных и качественных параметров узла и системы коммуникации Grid системы получить их количественные значения нормализованные в пределах отрезка (0; 1].

При определении степени претендования, также следует учитывать, что некоторые требования сточки зрения пользователя вычислительных ресурсов, могут быть более предпочтительные, нежели другие. В таком случае, формула (1) примет вид (2), где учтены весовые коэффициенты каждой из метрик:

$$K = \prod_{x=1}^M R_x \times \sum_{y=1}^N (K_y \times R_y), \quad (2)$$

где:

K_u – весовой коэффициент оптимизирующего требования u .

Не трудно видеть, что при подстановке в формулу (2) коэффициентов K_u которые равняются $1/N$ получим формулу

(1). Так же, если коэффициенты для оптимизирующих требований не заданы, то результаты должны быть получены исходя из того, что каждый из оптимизирующих требований имеет одинаковый весовой коэффициент. Таким образом, для того что бы показатели претендования рассчитанные по формуле (2) были корректны, необходимо, что бы сумма весовых коэффициентов оптимизирующих требований равнялась единице:

$$\sum_{y=1}^N K_y = 1.$$

Весовые коэффициенты каждого из оптимизирующих требований определяет потребитель вычислительных ресурсов *Grid* системы, исходя из характера вычислительной задачи, ее размерности, топологических требований, временной сложности, потребления памяти, стоимости и т. д. Для оценки весовых коэффициентов метрик составляющих ресурсов *Grid* системы может быть метод экспертных оценок.

Нормализацию параметров *Grid* - системы (далее «метрики») будем сводить к тому, что результатом данных действий будут значения метрики в пределах от (0; 1]. Это позволит удобно использовать данные для вычисления коэффициента в формуле (2).

Для того, что бы нормализация метрик ресурсов *Grid* системы имела практическое применение, классифицируем эти метрики по свойствам:

Классификация метрик узлов Grid-систем по их временным характеристикам

Данная классификация позволяет выделить среди множества параметров узла *Grid* системы те которые изменяются реже других. Это позволит построить систему мониторинга и выбора наиболее подходящего узла *Grid* системы, по принципу распределенной системы хранения древовидной структуры. Наиболее редко изменяемые параметры будут храниться в базах данных, которые позволят существенно сузить область поиска наиболее

подходящих узлов, убирая те которые заведомо не будут удовлетворять требованиям (например не будут выполняться обязательные требования).

Таким образом, можно разделить все метрики на следующие классы по их временным характеристикам:

а) постоянные, изменяются очень редко (Количество процессоров, Объем ОЗУ);

б) постоянно-Переменные, изменяются относительно чаще постоянных или имеют постоянную тенденцию к изменению (Топология (S,D,T), K_готовности, K_успешности, K_простоя);

в) переменные, изменяются постоянно, изменяются во время выполнения задания (загруженность вычислительных ресурсов, каналов связи).

Классификация метрик узлов Grid-системы по их принадлежности

Классификация предусматривает рассмотрение параметров узлов *Grid системы* в контексте принадлежности этих параметров непосредственно узлу или среде передачи данных (каналов доступа к нему).

Такая классификация позволит оптимизировать поиск наиболее подходящего узла для решения поставленной задачи. Она важна в контексте того, что не всегда коэффициент предпочтения, вычисленный для конкретного узла, может быть адекватен. Рассмотрим случай, когда мощный кластер с большим количеством процессоров находится на большом удалении от потребителя. Тогда коэффициент предпочтения для данного узла может быть существенно занижен в силу того, что метрики каналов доступа и их загруженность могут получить низкие коэффициенты. Этот вопрос может быть решен увеличением весового коэффициента данного оптимизирующего требования, но для более полной и понятной нормализации метрик необходимо так же провести и такую классификацию.

Проведя исследования множества параметров узлов, можем их разделить по таким двум классам.

а) непосредственные метрики узла *Grid*-системы (вычислительные ресурсы, объемы памяти);

б) метрики каналов доступа к узлу (скорость каналов связи, загруженность каналов).

Таким образом, получив классифицированные метрики *Grid*-системы, можем перейти к нормализации ее параметров, причем подходы к нормализации будут зависеть от типа параметра, его классификации по данным свойствам.

Нормализация метрик узлов *Grid* системы, имеет целью введение количественных значений (соотношений) качественных параметров узлов системы. Это позволит производить вычисление коэффициента по формуле (1 или 2), введет формализованные определения параметров для их количественной оценки в задаче выбора наиболее подходящего узла.

Такой подход к определению количественных параметров узлов *Grid*-систем позволит путем анализа сущности каждого отдельного параметра выработать стратегию его нормирования в пределах отрезка $(0; 1]$.

Отнормированные параметры узлов *Grid*-системы и коэффициенты значимости каждого из них (при синтезе вычислительной задачи и требований к вычислительным ресурсам для нее, пользователь может определить параметры которые могут больше других повлиять на время решения задачи, например когда тактовая частота процессора менее важна нежели объем и скорость кеш памяти его ядер) можем использовать для вычисления коэффициента предпочтения по формуле (1 или 2).

Классификация метрик узлов *Grid*-систем по их временным характеристикам

Метрики узла *Grid* – системы



Классификация метрик узлов Grid -системы по Принадлежности Метрики Grid – систем

Непосредственные Метрики

Количество процессоров
 Топология(S,D,T)
 Объем ОЗУ
 ПО
 Загруженность внутренних каналов связи
 Операционная система
 К_готовности
 Пропускная способность сети
 К_успешности
 Объем кеша процессоров
 К_простоя
 Скорость межъядерных шин
 Скорость межпроцессорных шин
 Скорость работы ОЗУ
 Скорость внутренних каналов связи
 Пиковая производительность
 Реальная производительность
 Свободно вычислительных ресурсов
 Свободно ОЗУ
 Свободно ПЗУ

Основные параметры

Топология – получить коэффициент соответствия топологии системы размерности и характеру задачи (по показателям S,D,T).

ОС и ПО – возможно ли выполнение задачи на данной ОС и с данным ПО.

Тип узла – возможны дополнительные требования к типу вычислительного узла системы (например, предпочтение отдается не отдельным ПК а кластерным системам)

К_готовности – отношение времени, когда система могла принимать задачи и времени когда не могла, берется усредненный параметр за определенный период времени.

К_успешности – отношение успешно выполненных задач к неуспешно выполненным (например, при отказе элементов узла или передаче вычислительных ресурсов более приоритетным задачам, к примеру, коммерческим).

К_простоя – отношение времени простоя системы к времени работы.

Метрики каналов доступа к системе узла Grid -системы Загруженность каналов связи

Нормализация метрик Grid - систем

Количественные показатели (чем больше, тем лучше) – нормализацию производим по линейной шкале. За минимальное значение примем отношение минимального значения параметра к максимальному в системе. За максимальное значение примем единицу 1. Разделим все значения в системе на максимальное - получим нормализованные значения.

$$K_i = \frac{V_i}{V_{\max}}$$

где, K_i - очередное нормализованное значение метрики; V_{\max} - максимальное значение метрики; V_i - очередное значение метрики.

Такую стратегию используем для таких параметров: количество процессоров, объем ОЗУ, пропускная способность сети, объем кеша процессоров, скорость межъядерных шин, скорость межпроцессорных шин, скорость работы ОЗУ, скорость внутренних каналов связи, пиковая производительность, реальная производительность, К_готовности, К_успешности,

K – простоя, свободно вычислительных ресурсов, свободно ОЗУ, свободно ПЗУ.

Количественные показатели (чем меньше, тем лучше) – нормализацию производим по линейной шкале. Так как значение таких параметров должно подчиняться правилу «чем меньше, тем лучше», коэффициент требуется преобразовать по формуле:

$$K_2 = \frac{1}{K_1}.$$

Для того, что бы получить значения нормализованные в интервале (0, 1] продолжим нормализацию. Разделим все коэффициенты на наибольший из полученных при предыдущем преобразовании.

$$K_2 = \frac{K_i}{K_{\max}}.$$

Такую стратегию используем для таких параметров: Загруженность каналов связи, Загруженность внутренних каналов связи.

ОС и ПО – нормализация этих параметров системы сводим к такому – подходит данное ПО и ОС для решения задачи или нет. В этом случае параметр будет принимать значение либо 1 либо 0. Иными словами, это обязательный параметр, невыполнение которого делает узел неподходящим для данной задачи.

Тип узла – данную метрику будем считать как обязательную для выполнения. Тип узла имеет большое значение при учете требуемой размерности задачи. Ведь действительно, сложная задача которая имеет большую размерность и большие требования по памяти успешнее выполняться в вычислительном кластере, нежели на персональных ПК компьютерного класса, лаборатории или офиса. Так же, можем решить вопросы быстрого обслуживания коротких задач, их быстрого вывода из системы (стратегия *short job first*). Это позволит не тратить вычислительные ресурсы мало подходящих для большинства задач с большими требованиями по размерности на слабых (персональных) вычислительных машинах.

Оценка коэффициента соответствия топологии системы и задачи

Часто, от топологии вычислительной системы зависит то, насколько эффективно может быть выполнена вычислительная задача. Это объясняется тем, что разные задачи требуют разного подхода к организации их параллельного выполнения. Конечно же, полностью связанная топология может быть подходящей в любом случае, но организация вычислительной системы с такой топологией является очень дорогой и, часто, не целесообразной при возрастании размерности системы. Поэтому, часто топологии являются собой некий компромисс, совмещающий особенности нескольких топологий – это и есть основной идеей оптимизации параметра $S \cdot D$ топологии (S – степень узла, D – диаметр системы).

Для того, что бы получить оптимизирующий коэффициент для топологии системы, можем ввести такие утверждения:

1) чем больше параметр S системы, тем больше вероятность того, что путь между i -м и j -м элементом будет иметь наименьшее количество промежуточных узлов (попросту говоря, будем иметь наименьшее количество пересылок);

2) так как диаметр системы D показывает минимальное расстояние (количество ребер) между наиболее удаленными узлами, то не сложно видеть, что чем меньше параметр D системы, тем, вероятно, меньшим будет путь между i -м и j -м узлами (то есть, меньшее количество пересылок).

Таким образом, задача нормализации и получения количественного значения данной метрики состоит в оценке параметров S и D системы.

Тогда параметр системы S будем нормализовать по, ранее описанному подходу «чем больше, тем лучше», а параметр D – по подходу «чем меньше, тем лучше».

Выводы

Рассмотрены и изучены основные параметры узлов *Grid* - систем. Была про-

ведена классификация узлов по различным их свойствам, таким, как временные характеристики параметров, принадлежность параметров.

Проделанная работа по классификации множества параметров узлов *Grid*-систем, позволила выработать принципы и подходы для нормализации параметров узлов *Grid*-систем и получить метрики, которые можно использовать для вычисления коэффициентов предпочтения по формуле (1) или, получив весовые коэффициенты каждой из метрик, по формуле (2).

В работе показаны основные подходы для получения интегрального показателя предпочтения пользовательской вычислительной задаче узлу *Grid* системы. Представлены формулы для его расчета с учетом и без учета весовых коэффициентов оптимизирующих требований, представлены основные подходы к нормированию параметров узлов *Grid* систем для их использования в расчете интегрального показателя предпочтения.

Данные исследования формируют основные требования и предпосылки для построения системы сбора, анализа и фильтрации параметров узлов *Grid*-системы, с целью определения наиболее подходящего узла, решения на нем пользовательской вычислительной задачи.

Фильтрация позволяет значительно сузить область поиска наиболее предпочтительного узла, отфильтровав те, которые заведомо не подходят – не обладают обязательными свойствами. Это позволит значительно уменьшить количество информации, которую программисту придется обработать для того, что бы, определив коэффициенты предпочтения, выдать наиболее подходящий для решения данной задачи ресурс.

Сбор данных можно организовать по децентрализованной схеме. Построив иерархическую древовидную структуру из промежуточных серверов, которые будут хранить постоянные и постоянно-переменные обобщенные данные об узлах которые находятся ниже них в иерархии. При изменении какого-то из своих параметров, узел передает сообщение об из-

менениях выше по иерархии. Таким образом, можно решить проблему хранения и поддержания в актуальном состоянии данных об узлах *Grid*-систем.

Все описанные выше действия направлены на то, что бы сформировать для программы-планировщика данные наиболее эффективным способом (то есть, исключить ситуации использования планировщика и его серверной инфраструктуры для расчетов, которые заведомо дают неудовлетворяющий результат), поддерживать их в актуальном состоянии, в этом случае, можно будет спланировать задачи по вычислительным ресурсам, наиболее эффективно их используя.

Литература

1. Кулакова А.Ю. Применение виртуальных *GRID* для использования свободных ресурсов небольших сетей /А.Ю. Кулаков, С.М., Бролинский. – К.: НТУУ «КПИ». 2011. – 8 с.
2. Таненбаум Э. Распределённые системы. Принципы и их парадигмы // *Distributed operating system* – 2003. – ISBN 5-272-00053-6.
3. Ривкин М. Платформа для коммерческих *GRID* // информ.-аналит. журн. «Открытые системы» - 2004. – 32 с.
4. Корнеев В. В. Параллельные вычислительные системы. – 1999. – 357 с. ISBN 5-892-510-654.
5. Климов А., Главные вехи в истории метавычислений: информ.-аналит. журн. «Компьютерра» - 2004. – 87 с.
6. Корягин Д.А., Коваленко В.Н., Вычислительная инфраструктура будущего [Электронный ресурс] // ИПМ им. М.В.Келдыша РАН. Режим доступа: <http://www.applmat.ru/metacomputing/infrastucture.html>.
7. Коваленко В., Коваленко Е., Корягин Д., Любимский Э., Хухлаев Е. Управление заданиями в распределенной вычислительной среде // информ.-аналит. журн. «Открытые системы» - 2001. – 23 с.