

*ЛАВРЕНЮК С.И.,
КОПЫЧКО С.Н.,
ГОРДИЕНКО Р.А.*

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЗАГРУЗКИ УЗЛОВ GRID-СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЕЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Статья обосновывает необходимость оценки параметров, которые определяют узлы в планировщике программного обеспечения узла GRID-системы для оптимального распределения нагрузки в системе. Был сделан обзор и выбор необходимых параметров для оценки. Предложены методы оценки надежности узлов на основе вероятности. Опубликованы результаты прогнозирования выбранных параметров грид-узлов в УАГ и EGEE с помощью временных рядов. Предложены перспективы дальнейшей работы.

The paper describes needs of estimation of parameters which identify nodes in Grid middleware schedulers' for right distribution of load in system. Sampling of main parameters are made. Proposed method for estimate a reliability of node on the base of probability. Described result of forecasting sampled parameters of nodes in UAG and EGEE with the time series analyses. The prospects for further research and modification are proposed.

Актуальность проблемы

Необходимость использования распределенных вычислений связана с «очень быстрым» ростом объемов задач в научной сфере деятельности. Грид-системы являются новым поколением распределенных систем, популярность которых растет с каждым днем. На сегодняшний день Грид-системы в основном используются в научных вычислениях. По мере развития самих систем возникают проблемы правильного распределения задач в таких системах, что является основным фактором, влияющим на производительность. Основной проблемой большой распределенной системы является вовлечение всех ее ресурсов в процесс вычислений. Обычно задача посылается на случайный узел, не зная, таким образом, о сроках простоя в очереди и не имея уверенности в надежности и стабильности работы данного узла. Для правильного распределения нагрузки необходимо оценивать каждый из узлов по его параметрам, и выбирать наиболее оптимальный для каждой конкретной задачи.

С развитием Грид-технологий в Украине связано создание Украинского Академического Грида (УАГ). На сегодняшний день он не насчитывает и 30-ти узлов, но в будущем планируется активное его развитие и внедрение в украинскую науку, как мощный аппарат для вычислений. Для подготовки этого этапа необходимо внедрение техноло-

гии доверия в УАГ для увеличения производительности без дополнительных материальных затрат на аппаратное обеспечение.

Обзор существующих исследований и публикаций

Впервые описанную выше технологию в Грид-систему внедрили в работе [1], где кратко изложили необходимость введения и структуру системы с внедренными оценочными коэффициентами. Анализ результатов их работы говорит о незначительном (0.3-1%) повышении использования машинных ресурсов и хорошо (на 30%) уменьшением времени выполнения задач. В том же году была опубликована структура аналитической системы оценивания [2], основанная на использовании динамически поставляемых данных о работе узлов. Успешно примененный метод прогнозирования для Грид-систем, был опубликован в статье [3] и основывался на применении теории нечетких множеств для оценки параметров. Наиболее удачный подбор параметров, по которым можно оценить узел системы, был подобран в [7].

Было опубликовано множество других статей по технологии доверия и применению ее к Грид-системам, но в любом из разработанных методов имеются существенные недостатки, потому проблемы разработки концепции оценки узлов для Грид-систем оста-

ются актуальными на сегодняшний день. В основном проблемой большинства разработанных подходов является стремление выбрать наиболее лучший узел во всей системе, что приводит к не использованию ненадежных узлов, даже для небольших задач. Оценка узла проводится комплексно по сумме всех критериев, в то время когда нам может понадобиться не мощный, но надежный узел, который получит небольшую оценку в системе по причине невысоких показателей производительности. Основной проблемой всех ранее разрабатываемых концепций является существенное различие критериев, по которым определяется коэффициент готовности в каждой системе. Разработки по внедрению такой концепции будут проводиться для каждой Грид-системы отдельно до тех пор, пока каждая конкретная распределенная система не будет универсальной, а будет существовать для выполнения определенного вида вычислений, как, например, EGEE(Enabling Grid for Electronic science) большинство ресурсов выделяет для обработки данных и проведения расчетов для Большого Андронного Коллайдера.

Постановка задачи

Данная работа имеет целью выделить параметры, необходимые для целесообразной оценки узлов в УАГ и спрогнозировать оптимальным, с точки зрения погрешности прогноза, методом по этим параметрам их работу в системе для последующего создания модели функционирования Грид-системы. По причине небольшого размера УАГ, также для сравнения также был проведен анализ эмпирических данных по Европейской Грид-системе EGEE. Она насчитывает около 500 узлов и десятки сервисов, один из которых (Grid Observatory) предоставляет различные данные о работе системы, предшествующей настоящему времени.

Нашей первостепенной задачей являлся выбор общих параметров узлов, которые мы могли отслеживать в следах работы EGEE и собирать с помощью активных экспериментов в УАГ. Главным параметром для любого узла в любой системе является доступность, в соответствии которой мы поставили параметр Status. Также были выбраны такие параметры, как количество доступных логических процессоров (FreeJobSlots или FreeCPU's для УАГ), среднее время простоя задачи в очереди (EstimatedResponseTime), при-

оритет узла (Priority). Прогнозирование проводилось и по другим параметрам, но перечисленные выше являются ключевыми для принятия решения о направлении задачи на узел.

На основе разработанной в работе [4] концепции сбора данных в УАГ было проведено активное тестирование узлов, результаты которого были записаны в таблицы данных. Далее мы остановимся только на нескольких узлах.

Также отдельно была разработана и создана реляционная база данных, включающая в себя информацию о значении вышеописанных и других параметров с узлов EGEE на основе работ [5] и [6], а также разработано программное обеспечение, позволяющее проводить выборку из базы и использовать полученные данные в прогнозировании.

Определение степени доступности узла

Перед тем как прогнозировать какие-либо параметры узла, необходимо узнать будет ли он работать в то время, когда мы захотим направить на него задачу. Узел может работать в режиме реального времени, т.е. принимать задачи и одновременно выполнять их, а может сначала собирать задачи в очередь, а затем выполнять их, в нужном порядке, используя наиболее оптимальный с точки зрения времени выполнения и важности конкретного задания алгоритм планирования. Остальные состояния, в которых узел не доступен или не принимает, а выполняет задачи, нас не интересуют. Назовем состояние, в котором узел принимает задания, но не начинает их выполнение – Queueing (составление очереди), а состояние в котором узел принимает и выполняет задания – Production(выполнение). В УАГ редко используется такой прием, как установление для узла статуса Queueing с целью накопления задач, но он повсеместно применяется в европейской Грид-системе. Для определения наилучшего узла вычислялся $K_{\text{готовности}} = 2 * P_{\text{production}} + P_{\text{queueing}}$, где $K_{\text{готовности}}$ – коэффициент готовности, $P_{\text{production}}$ – вероятность того, что узел будет пребывать в состоянии Production, а P_{queueing} – вероятность того, что узел будет пребывать в состоянии Queueing. Вероятность вычислялась отношением временных отрезков, на которых узел пребывал в заданном состоянии к общему количеству временных отрезков, на которых исследовалась работа узла. Таким образом,

чем выше у узла коэффициент $K_{\text{готовности}}$, тем стабильнее будет его работа в последующие интервалы времени. Проведенные исследования показывают, что лишь в 1 из 10-ти случаев коэффициент неоправданно высок у узла, который почти всегда находится в недоступном состоянии.

Обзор методов прогнозирования

Был сделан обзор методов прогнозирования численных характеристик узла для выбора оптимального метода, с погрешностью не более 20%. Эксперименты для сравнения методов проводились, используя данные о значениях параметра FreeJobSlots (или FreeCPU's для УАГ). Обычная экстраполяция дала очень неточные результаты. Попытка оценить распределение простой аналитической функцией, как то: полиномиальная, экспоненциальная, логарифмическая, в среднем давали погрешности от 30 до 70%. Это обусловлено наличием большого количества скачков для всех параметров Грид-системы. Затем была рассмотрена оценка, основанная на концепции временных рядов. Единицей времени был выбран интервал в 15 минут. Таким образом, час составлял 4 единицы, а сутки 96. Был проведен прогноз для трех узлов по параметру FreeJobSlots для узла EGEE и по FreeCPU's для УАГ по формуле $Q_t = T_t + S_t + I_t$. В процессе оценки не был учтен фактор сезонности ($S_t = 0$), т.к. в распределенной системе он отсутствует. Был выбран

упрощенный способ, в котором учитывался только тренд (направление распределения), который строился на основе аппроксимации данных, собранных на последних 10 отрезках времени, аналитической функцией, и отклонение от направления в каждый момент времени, как случайная величина, которая строится на основе анализа погрешности прогноза предыдущих 30 значений.

Описание экспериментов и их результатов

Эксперименты проводились с использованием данных о четырех узлах. Три из них принадлежат УАГ и один EGEE. Результаты приведены в виде графиков на Рис. 1-4. Узлы были выбраны исходя из данных по их загруженности. Первые два узла (грид-узел НТУУ «КПИ» и грид-узел Института Теоретической физики им. М.М. Боголюбова) активно используются в системе, постоянно имея задачи для выполнения. Процессоры на этих узлах почти никогда не простаивают. Узел energgrid.ipme.kiev.ua наоборот редко используется в системе, его загрузка очень невелика и не постоянна. Промежуток времени, на котором проводился прогноз, составляет 3 дня. Узел atlas-ce-01.roma1.infn.it европейской Грид-системы имеет редкие скачки в своей производительности, но в целом работает стабильно и быстро восстанавливается после сбоев. Он рассматривался в течении суток.



Рис. 1 Эмпирическое распределение и оценка временным рядом параметра FreeCPU's (узел УАГ: nordu.hpsc.ntu-kpi.kiev.ua)

Погрешность оценки первого узла видна на Рис. 1 и достигает 13%, но в среднем равна 4%, что является хорошим результатом.

Загрузка второго узла была спрогнозирована с средней относительной погрешностью в 8% (Рис. 2).

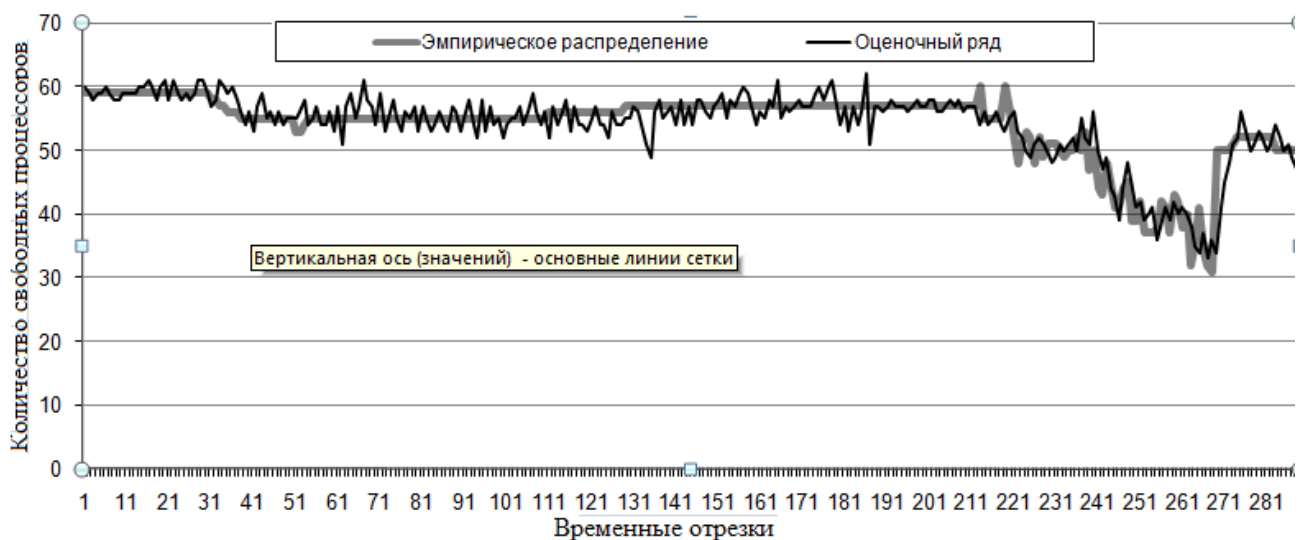


Рис.2 Эмпирическое распределение и оценка временным рядом параметра FreeCPU's (узел УАГ: nordug.bitp.kiev.ua)



Рис.3 Эмпирическое распределение и оценка временным рядом параметра FreeCPU's (узел УАГ: energid.ipme.kiev.ua)



Рис.4. Эмпирическое распределение и оценка временным рядом параметра FreeJobSlots (узел EGEE: atlas-ce-01.roma1.infn.it)

Для третьего узла погрешность достигала 80% и в среднем была равна 27%. Четвертый узел имел погрешность в спрогнозированной нагрузке в 18%.

Анализ результатов и перспективы дальнейшей работы

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы. Оценка описанными выше рядами хорошо работает в случае стабильной работы узла и стабильной его загруженности. При редких сбоях в работе (несколько в день) и быстром восстановлении узла, как на atlas-ce-01.gom1.infn.it, оценка дает вполне допустимую погрешность, но даже на примере этого узла из графика на Рис.1 видна невозможность выбранным методом оценить резкие скачки в значениях.

Те же результаты дает нам прогнозирование параметров украинских узлов. В случае бесперебойной работы узла и постоянной загрузки его процессоров можно очень хорошо (с погрешностью не более 13%) оценить параметр загруженности, на основе данных всего одного ряда. Если на узле бывают частые сбои, и по этой причине его работа прерывается на длительный срок, а при вос-

тановлении его загрузки изменяется скачкообразно, то оценка временным рядом не даст нам возможности спрогнозировать работу такого узла с заданной точностью. Решением в данной ситуации может служить применение более сложных моделей для имитации работы Грид-системы, приведенных в [7], а также применение для оценки большего количества рядов и нахождения оптимального прогноза на основе нескольких построенных рядов.

Дальнейшая работа будет направлена на подбор рядов и их зависимость между собой, которые дадут возможность создать более качественный прогноз для нестабильных узлов и в своей оценке охватить и учесть скачкообразное поведение значений параметров, а так же определение оптимального количества таких рядов для модели, с точки зрения скорости построения модели и точности создаваемого прогноза.

Список литературы

1. Farag Azzedin and Muthucumaru Maheswaran, Integrating Trust into Grid Resource Management Systems, 2007
2. Zheng Yan and Silke Holtmanns, Trust Modeling and Management: from Social Trust to Digital Trust, 2007
3. КуССуль Н. Н., Шелестов А.Ю., Робастное оценивание состояния узла GRID-системы методом нечетких эллипсоидов, 2008
4. Лавренюк С.И., Лавренюк А.Н., Грипич Ю.А, Построение базы данных мониторинга состояния узлов Grid-инфраструктуры // Материалы трудов шестой международной конференции «Теоретические и прикладные аспекты построения программных систем» – ТАAPSD' 2009 Киев
5. Sergio Androozzi, Stephen Burke and others, GLUE Schema Specification version 1.3 Final, 16.01.2007
6. Cecile Germain-Renaud, Alain Cady, Grid observatory technical documentation, 11.05.2008
7. Лавренюк С.И., Шелестов А.Ю., Идентификация моделей и оценка состояния Grid-систем // Кибернетика и системный анализ. — 2009. — № 6. — С. 42-50.

Поступила в редакцию 14.12.2009