

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТЕВОЙ СРЕДЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

А.В. Баранов, А.В. Киселев, Е.А. Киселев

Под эгидой МСЦ РАН в настоящее время ведутся работы по созданию грид-системы «*Российская инфраструктура для суперкомпьютерных приложений*» (РИСП). РИСП образована на базе пяти вычислительных компонентов, ранее составлявших супер-ЭВМ МВС-15000ВМ, соединенных каналами Internet. Каждая из частей МВС-15000ВМ получила название МВС-15000ВМД и стала представлять собой отдельную вычислительную систему (ВС), работающую под управлением *Системы управления прохождением задач* (СУПЗ), разработанной в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Компоненты РИСП распределены по территории России: одна ВУ размещена в МСЦ, а остальные – в филиалах МСЦ РАН в различных регионах страны [1]. В качестве основы для РИСП используется программное обеспечение *Сетевой среды распределенных вычислений* (ССРВ) [2].

ССРВ ориентирована на обработку *входного потока заданий* от разных пользователей. Характеристики каждого задания определяются его *паспортом*. Паспорт задания содержит такие параметры задания, как *время выполнения задания, требуемое число процессоров, список ВУ, на которых возможен запуск задания пользователя* и другие.

Пользователь ССРВ имеет возможность запустить свое задание однократно или многократно как на конкретной ВС, так и на произвольной ВС, удовлетворяющей заданным требованиям. Задание при разных запусках может быть назначено системой управления (СУ) ССРВ на разные ВС, при этом опционально предусматривается возможность передачи СУ на ту же ВС необходимых для него данных.

Важным вопросом при построении распределенных вычислительных систем (РВС) является задача *оценки эффективности использования* получаемого таким образом совокупного вычислительного ресурса. Эффективность ССРВ складывается из двух составляющих: *производительности и качества планирования заданий*.

Существующие методики оценки эффективности [3], сложны в практической реализации, их применение для оценки эффективности гетерогенной РВС затруднено.

Под *производительностью ВС* в общем случае будем понимать величину, равную объему вычислительной работы, выполненной в единицу времени. Частные случаи производительности (пиковая, реальная и т.п.) определяются выбором единиц измерения вычислительной работы (операции, алгоритмы и т.п.).

Для измерения производительности вычислительных систем широко используются программные тесты, такие как Linpack, NAS Parallel Benchmarks (NPB) и др.

На основе тестов NPB НАСА был разработан тестовый пакет NAS Grid Benchmarks (NGB) [5], предназначенный для оценки производительности грид-систем. Каждая задача NGB описывается своим графом потоков данных. Вершины графа представляют отдельные вычислительные задачи из набора NPB. Дуги графа описывают порядок выполнения вычислительных задач, а также связи между ними.

При оценке производительности грид-системы тесты NGB учитывают не только производительность отдельных ВС, входящих в состав грид, но и характеристики сетевой инфраструктуры. Кроме того, тесты NGB позволяют оценить сбалансированность грид по производительности.

*Недостатком методики NGB* является неполное использование вычислительных ресурсов отдельных ВС, входящих в состав грид. Тесты NPB, используемые в NGB, обладают ограничениями, связанными с числом процессоров, на которых их можно запускать (например, тест SP может запускаться на числе процессоров, равном квадрату целого числа). Данные ограничения приводят к тому, что во время тестирования вычислительные ресурсы отдельных установок будут задействованы не полностью. Другим недостатком является то, что тесты NGB не могут быть запущены на грид, ВС которой имеют разные архитектуры или содержат несовместимые версии библиотек MPI. Кроме того, в существующей реализации теста NGB, представленной на официальном сайте NAS, был выявлен ряд программных ошибок, которые были исправлены авторами в ходе работы.

С учетом указанных недостатков авторами была разработана собственная методика оценки производительности ССРВ – «SSRV Performance».

Производительность ССРВ, в состав которой входят  $k$  ВС,  $-P_g(k)$  трактуется как объем вычислительной работы  $-W$  (задаваемой тестовыми программами) выполняемый в единицу времени на  $k$  ВС. Учитывая, различную производительность ВС ССРВ, объем вычислительной работы оценивается на некотором интервале времени  $T$ , не меньшем, чем время выполнения теста на ВС с меньшей производительностью.

Назовем *базовым* тестовое задание, используемое при оценке производительности ССРВ.

Пусть на  $i$ -й ВС с производительностью  $P_i$  время выполнения базового тестового задания составляет  $t_i$ . Тогда за время  $T$  данная ВС может выполнить объем вычислительной работы:

$$W_i(T) = \frac{T}{t_i}$$

Общий объем вычислительной работы, которая может быть выполнена на  $k$  ВС ССПВ за интервал времени  $T$ :

$$W(T) = \sum_{i=1}^k W_i(T) = T \sum_{i=1}^k \frac{1}{t_i}$$

Тогда оценить производительность ССПВ по выполнению базового тестового задания на  $k$  ВС можно величиной:

$$P_g(k) = \frac{W(T)}{T} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{t_i}$$

Время выполнения задания на  $k$  ВС ССПВ  $t_g(k)$  можно оценить величиной:

$$t_g(k) = (P_g(k))^{-1} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{t_i}}$$

В качестве базового тестового задания может быть использовано любое тестовое приложение для многопроцессорных ВС, например NPB или Linpack.

На основе предложенной методики авторами был разработан программный пакет «*SSRV Performance Benchmarks*» (SSRVPB), использующий в качестве базовых тесты NPB. Результаты теста содержат данные о выполнении базовых тестовых заданий для каждой ВУ ССПВ и итоговый показатель производительности ССПВ.

Для комплексной оценки производительности ССПВ рекомендуется использовать оба тестовых пакета – NGB и SSRVPB. Результаты выполнения тестов NGB позволяют оценить как сбалансированность GRID-системы по производительности, так и пропускную способность коммуникационной среды, связывающей ВС из состава GRID, но при этом возможно неполное использование вычислительных ресурсов. Тесты SSRVPB позволяют полностью загрузить ВС и оценить общую производительность ССПВ без учета характеристик коммуникационной среды.

Оценку качества планирования заданий можно производить с помощью следующих показателей:

- процент загруженности ВС;
- среднее время нахождения задания в очереди, приведенное ко времени его выполнения;
- время выполнения тестовой смеси задач в системе.

Приведение времени нахождения задачи в очереди ко времени счета осуществляется потому, что для разных задач одно и то же время ожидания может означать разное качество планирования.

В развитие методики оценки качества планирования заданий, описанной в [4], авторами был разработан тестовый пакет «*SSRV Quality Planning benchmark*» (SSRVQPb), автоматизирующий процесс вычисления оцениваемых показателей.

Тестовая процедура автоматически осуществляет поиск всех доступных вычислительных установок из состава ССПВ и определяет их характеристики. Далее генерируется тестовый поток заданий, который планируется и выполняется в ССПВ. После завершения всех заданий формируется файл-отчет, содержащий вышеуказанные следующие показатели качества планирования заданий в ССПВ.

Тест SSRVQPb позволяет сравнить по качеству планирования заданий варианты GRID-систем с разными алгоритмами планирования.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. МСЦ РАН – Вычислительные системы // <http://www.jscc.ru/scomputers.shtml>
2. В.В. Корнеев, А.В. Киселев, А.В. Баранов, Е.Л. Зверев, В.В. Подзоров. Управление сетевой средой распределенных вычислений // Труды 1-й всероссийской научной конференции «Методы и средства обработки информации», – Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2003. С.98
3. М.А. Посыпкин, А.С. Хританков. О понятии ускорении и эффективности в распределенных средах // Научный сервис в сети Интернет: решение больших задач: Труды Всероссийской научной конференции (22-27 сентября 2008 г., г. Новороссийск). – М.: Изд-во МГУ, 2008. С.149.
4. А.В. Баранов, А.А. Попов. Оценка эффективности GRID-системы // Труды 2-й международной конференции «Распределенные вычисления и GRID-технологии в науке и образовании». – Дубна: ЛИТ ОИЯИ, 2006. С.210.
5. R.F. Van der Wijngaart, M.A. Frumkin. NAS Grid Benchmarks Version 1.0 // NASA Technical Report NAS-02-005 // <http://www.nas.nasa.gov/News/Techreports/2002/PDF/nas-02-005.pdf>