

К. В. КНЯЗЬКОВ

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ПОТОКАМИ ЗАДАЧ ДЛИТЕЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ iPSE

Рассмотрены особенности применения модели потоков заданий длительного исполнения для повышения эффективности вычислительных экспериментов с динамически изменяющимися параметрами в распределенной среде.

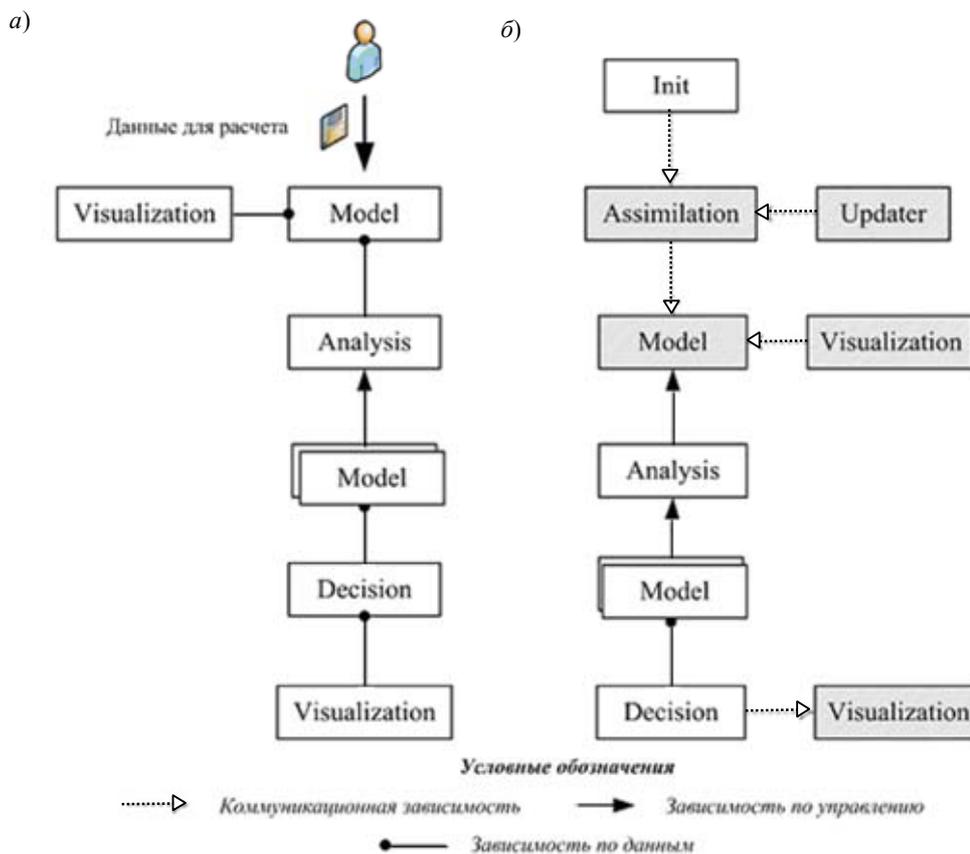
**Ключевые слова:** потоки заданий, задания длительного исполнения, методы коммуникаций, динамическое управление исполнением, усвоение данных.

Перспективы развития технологий решения мультидисциплинарных задач компьютерного моделирования в распределенных средах определяются возможностями абстрактного описания структуры композитных приложений в форме, не зависящей от низкоуровневой вычислительной архитектуры. Для этого применяется формализм потоков заданий (workflow, WF), описывающий сценарий вычислительного эксперимента в виде направленного ациклического графа, узлами которого являются задания, а ребра представляют зависимости (по данным и по управлению) между заданиями. В большинстве случаев система исполнения WF основывается на модели запуска в пакетном режиме, в соответствии с которой WF и его задания после запуска переходят в режим непрерывного исполнения без возможности их модификации и взаимодействия с ними [1]. Однако существует ряд задач, которые сложно адаптировать к пакетному режиму работы без снижения эффективности использования ресурсов. В основном они характеризуются непрерывным поступлением данных в распределенную среду через внешние источники, при котором условия эксперимента могут динамически изменяться в ходе функционирования WF без его перезапуска (см., например, [2]). В настоящей работе рассматриваются возможности использования расширенной модели WF длительного исполнения (long running WF, LRWF) для динамического управления процессом вычислений в облачной среде на основе многофункциональной инструментально-технологической платформы (МИТП) CLAVIRE (CLOUD Applications VIRtual Environment), разрабатываемой в рамках концепции iPSE [3].

Модель LRWF имеет следующие характерные особенности:

- поддержка заданий длительного исполнения, время жизни которых ограничено не условиями расчетов внутри WF, а временем работы самой распределенной среды;
- поддержка коммуникации между заданиями одного WF во время исполнения;
- возможность изменения WF во время исполнения за счет сценария WF, а также за счет внешнего управления.

На рисунке приведены схемы WF для задачи поддержки принятия решений в области предотвращения наводненческой ситуации [4] с периодическим усвоением данных наблюдений. Слева (а) представлена схема WF пакетного исполнения, справа (б) — WF длительного исполнения. Рассмотрим подробно второй вариант (серые блоки на рисунке обозначают задания длительного исполнения). Задание *Init* отвечает за передачу в модель начальных условий; *Updater* отвечает за получение извне актуальных данных и передачу их в блок ассимиляции; *Assimilation* подготавливает данные для усвоения в вычислительной модели; *Model* — процесс моделирования динамики уровня и течений, результатом которого является прогноз; *Visualization* призван визуализировать актуальное состояние модели. Группа заданий *Analysis—Model—Decision* начинает свою работу по условию генерации сигнала, который может быть сформирован в задании *Model* вследствие изменения контрольного параметра расчета (достижения прогнозируемым уровнем значения, критического для наступления наводнения). Сценарий работы при этом следующий: запускается задача анализа (*Analysis*) текущей ситуации по данным модели, определяются варианты воздействий на моделируемую систему (которые могут нормализовать ситуацию), далее производится запуск нескольких заданий расчета модели путем варьирования параметров и в итоге вызывается модуль оценки и отображения возможных решений (*Decision*). Из схемы видно, что первым запустится задание длительного исполнения *Model*.



Модель LRWF позволяет не только упростить представление WF для задач с динамически изменяемыми условиями расчета, но и более эффективно использовать имеющееся оборудование за счет сокращения накладных расходов при запуске однотипных задач в

различных WF. Такой подход дает возможность производить автоматическую репликацию и балансировку нагрузки на ресурсы на уровне системы исполнения.

Для оценки эффективности модели LRWF в терминах временных издержек расчета в распределенной среде в качестве примера рассмотрим сценарий, когда существуют источник последовательно поступающих данных и задание обработки этих данных, которое сохраняет результаты обработки в хранилище (при этом данные должны быть обработаны строго последовательно). Данные поступают частями объемом  $b$ , с постоянным периодом времени  $t$  (что соответствует задаче усвоения, см. рисунок) непрерывно; общее время передачи данных источником —  $T$ . В этом случае мера эффективности LRWF (по сравнению с пакетным WF) определяется нижней оценкой временных издержек:

$$\delta = \left[ \frac{T}{bt} - 1 \right] (T_p + T_f),$$

где  $T_p$  — время на подготовку к запуску одного задания (выбор ресурса, работа адаптеров ресурсов и пакетов),  $T_f$  — время на завершение задания (обработка результатов, очистка служебных ресурсов и пр.). Параметры в соотношении определяются по результатам измерения времени работы МИП CLAVIRE. Так, для задачи предотвращения наводненческой ситуации в среднем  $\delta = 50$ — $80$  с, что ощутимо влияет на реактивность распределенной среды в целом.

Модель LRWF, помимо повышения эффективности, в ряде аспектов упрощает технологическую реализацию основных положений концепции iPSE. В частности, она позволяет модифицировать описание прикладных пакетов на языке EasyPackage за счет формализации методов коммуникации [5]. Возможности по управлению заданиями определяются в терминах сигналов и слотов (модель издатель—подписчик) путем описания поддерживаемых слотов и их соотношения с механизмами управления пакетом. В свою очередь, это расширяет язык EasyFlow за счет добавления команд генерации сигнала с параметрами и возможностей: объявления коммуникационной зависимости и обработчиков слотов, параметризации зависимости по управлению. Вместе с тем использование модели LRWF существенно усложняет процедуру планирования, поскольку в этом случае производительность сильно зависит от характеристик каналов связи и способов передачи данных.

Для проведения экспериментальных исследований применимости модели LRWF реализован прототип альтернативной системы исполнения для МИП CLAVIRE (язык программирования — Erlang, платформа — OTP). Экспериментальные исследования в целом подтвердили качественные оценки эффективности модели и целесообразность ее практического применения.

Работа выполнена в рамках проектов по реализации Постановлений № 218 и 220 Правительства Российской Федерации при поддержке ФЦП „Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009—2013 гг.“.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Deelman E., Gannon D., Shields M., Taylor I. Workflows and e-science: An overview of workflow system features and capabilities // *Future Generation Computer Systems*. 2009. Vol. 25, N 5. P. 528—540.
2. Lawenda M., Okoń M., Oleksiak A., Ludwiczak B., Piontek T., Pukacki J., Meyer N., Nabrzyski J., Stroiński M. Running Interactive Jobs in the Grid Environment // *Parallel Proc. and Appl. Math. Lecture Notes in Computer Sci.* 2006. Vol. 3911/2006. P. 758—765.
3. Бухановский А. В., Ковальчук С. В., Марьин С. В. Интеллектуальные высокопроизводительные программные комплексы моделирования сложных систем: концепция, архитектура и примеры реализации // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2009. Т. 52, № 10. С. 5—24.
4. Бухановский А. В., Житников А. Н., Петросян С. Г., Слоот П. М. А. Высокопроизводительные технологии экстренных вычислений для предотвращения угрозы наводнений // *Там же*. 2011. Т. 54, № 10. С. 14—20.

5. Князьков К. В., Ларченко А. В. Предметно-ориентированные технологии разработки приложений в распределенных средах // Там же. С. 36—43.

**Сведения об авторе**

**Константин Валерьевич Князьков** — НИИ Научно-технических компьютерных технологий Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики; младший научный сотрудник;  
E-mail: constantinvk@gmail.com

Рекомендована НИИ НКТ

Поступила в редакцию  
15.05.11 г.