



С.В. Востокин, В.Г. Литвинов, Д.Д. Макагонова, А.Р. Хайрутдинов

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В НОТАЦИИ TEMPLET

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Процессно-ориентированный метод представления параллелизма применяется в задачах численного моделирования, в системах сбора и обработки данных, при описании организационных и производственных процессов [1-5]. Используемые нотации, в основном, сходны между собой на верхнем уровне процессов и их взаимосвязей. Однако, применяя специальные приемы описания логики работы самих процессов и протоколов их взаимодействия, можно получить более адекватное и удобное представление параллелизма в моделируемой предметной области. В работе рассматривается метод моделирования «Templet», предназначенный для описания параллельных численных алгоритмов. Метод является усовершенствованным вариантом графической нотации системы автоматизации параллельного и распределенного программирования Graphplus templet [6], разрабатываемой в рамках исследовательского проекта «Граф Плюс» (graphplus.ssau.ru) Самарского государственного аэрокосмического университета (национального исследовательского университета).

Актуальность и постановка задачи. Технические средства организации параллельных вычислений в задачах численного моделирования доступны и разнообразны: многоядерные настольные системы; кластеры и суперкомпьютеры; распределенные вычисления в сети интернет; GPGPU-процессоры. Однако существует проблема различия компетенций прикладного программиста и системного программиста. Прикладной программист знает, как по аналитической модели разработать численный метод и построить последовательную программу. В то же время понимание аппаратных особенностей, низкоуровневых системных средств, операционных систем, различных API параллельного программирования, методов синхронизации процессов является компетенцией системного программиста. Поэтому актуальна организация взаимодействия специалистов для эффективного решения задач моделирования. Целью работы является демонстрация подхода, основанного на графическом языке моделирования, который может являться основой такого взаимодействия. В процессе разработки графической нотации Templet решались следующие задачи: (1) построение модели с процедурной семантикой; (2) обеспечение минимального числа графических примитивов и простой семантики исполнения; (3) понятность для прикладного программиста правил преобразования модели в код; (4) совместимость с современными технологиями программирования.

Основные результаты и научная новизна. Основа языка Templet - модель процессов диффузного типа. В данной модели конструктивными элементами являются пассивные процессы и активные двунаправленные каналы, соеди-



няющие их. Логика процессов, логика каналов, а также способ композиции каналов и процессов представляются тремя типами диаграмм. Модель позволяет выполнить декомпозицию параллельного алгоритма на последовательные процедуры и типы данных, передающихся в сообщениях. При этом строго определяется контекст вызова процедур в терминах определенных пользователем типов данных для сообщений и состояний процессов.

В новой версии системы Templet, представленной в работе, нам удалось упростить графическую нотацию за счет сокращения числа графических примитивов до 3х типов связей и 4х типов вершин в аннотированных орграфах моделей. Было упрощено и структурировано описание семантики исполнения путем выделения групп правил для запуска метода, отправки исходящих сообщений и переходов управления. Построена библиотека примеров моделей типовых параллельных алгоритмов, демонстрирующих практическое применение нотации Templet.

В первой части презентации дается полное описание графической нотации и семантики исполнения на примере процесса типа «Разветвление-Слияние». Далее рассматривается описание прикладных алгоритмов.

Показано, каким образом может быть осуществлено распараллеливание численных моделей, основанных на методе переменных направлений. Приводится пример модели алгоритма метода переменных направлений, использующего функциональную декомпозицию. Пример иллюстрирует технологию разработки произвольных последовательно-параллельных программ в нотации Templet. Далее тот же алгоритм распараллеливается в технике декомпозиции по данным. Представлен пример построения параллельных алгоритмов для двумерных сеток из процессорных элементов.

Типовыми схемами решения многих переборных и оптимизационных задач являются схемы «управляющий-рабочие». Рассматривается модель одной из общих схем управления вычислениями из данного класса: «вычисление с портфелем задач». Это схема с активными рабочими, реализующая управление pull-типа. Здесь иллюстрируется описание сложного протокола взаимодействия процессов (по сравнению с протоколами «запрос-ответ») с несколькими типами сообщений.

Далее рассматривается пример описания вычислительного «конвейера»: линейной регулярной структуры процессов. Этот пример иллюстрирует, каким образом удается лаконично описать инициализацию и остановку вычислений в предлагаемой нотации.

Для автоматизации построения моделей в нотации Templet нами разработаны расширения для редакторов диаграмм Draw из пакета Open Office и Visio из пакета Microsoft Visual Studio. Новый формат диаграмм поддерживается в созданном ранее трансляторе Graphplus templet (доступен для загрузки на сайте graphplus.ssau.ru), что позволяет получить код параллельной программы непосредственно по ее модели.

Совместно со специалистами прикладных областей, используя нотацию Templet, выполнена разработка параллельных алгоритмов решения задач из об-



ласти нелинейной динамики [7] (параллельный алгоритм метода переменных направлений с функциональной декомпозицией) и компьютерной оптики [8] (параллельный алгоритм решения уравнения Максвелла для плоской волны по схеме конвейера). Эффективность алгоритмов проверена на персональных многоядерных системах и суперкомпьютере «Сергей Королев» Самарского государственного аэрокосмического университета [9].

Литература

1. Process Description Capture Method / <http://www.idef.com/IDEF3.htm>.
2. Unified Modeling Language / <http://www.omg.org/spec/UML/>.
3. The Ptolemy Project / <http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/>
4. Шейер А.-В. ARIS – моделирование бизнес-процессов. – Вильямс, 2000. – 175 с.
5. Востокин С.В. Визуальное моделирование в разработке параллельных алгоритмов. Метод и программные средства. LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 304 с.
6. Востокин С.В. Система автоматизации параллельного программирования Graphplus templet / В сб.: Параллельные вычисления и задачи управления: Тр. Пятой Международн. конф. М.: ИПУ РАН, 2010. – с. 1143-1156
7. Курушина С.Е. Аналитическое исследование и численное моделирование контрастных диссипативных структур в поле флуктуаций динамических переменных // Известия ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика. 2009. – №6. – с. 125 – 138
8. Головашкин Д.Л, Сойфер В.А. Анализ прохождения электромагнитного излучения через дифракционную линзу // Автометрия, 1999. – Вып.6. – с. 119 – 121
9. Востокин С.В., Хайрутдинов А.Р., Литвинов В.Г. Программный комплекс параллельного программирования Graphplus templet // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2011. – №4 (25). – с. 146 – 153