

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ИНТЕРНЕТ СРЕДЫ ПОДДЕРЖКИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ АЛГОРИТМОВ И СТРУКТУР

М.Б. Остапкевич, В.Ю. Петров, С.В. Пискунов, Е.В. Умрихина

1. Введение

Наряду с крупноблочным параллелизмом активно развивается мелкозернистый (клеточный) параллелизм. Важность технологии мелкозернистого распараллеливания возрастает в связи со стремительным ростом числа процессоров (сотни тысяч) в супер-ЭВМ. Существует широкий набор классов мелкозернистых алгоритмов и структур, имеющих важные практические применения, таких как клеточный автомат, систолические архитектуры, мультимикропроцессорные архитектуры, ассоциативные процессоры, клеточно-нейронные сети, однородные перестраиваемые вычислители. Построение и исследование клеточных моделей физических, химических, биологических и социальных процессов, высокопроизводительных спецпроцессоров, построенных из блоков с двух- или трехмерной однородной архитектурой, невозможно выполнить без использования компьютера. Более того, создание и исследование реалистичных моделей с большими объемами данных и большим числом шагов моделирования требует использования супер-ЭВМ, а комплексный характер моделей, сложность выбора оптимального варианта, учет большого количества параметров, возможность их оперативного изменения при проведении моделирования требует участия специалистов разного профиля, возможно, географически удаленных от места моделирования, и развития технологии конструирования моделей.

На основе сказанного можно сформулировать задачи среды: а) обеспечить объединение пользователей, работающих с различными классами мелкозернистых алгоритмов и структур в единое сообщество, б) дать им возможность говорить на одном языке, в) создавать библиотеки моделей, г) сравнивать модели для одной и той же задачи, построенные в разных классах мелкозернистых алгоритмов и архитектур, д) использовать библиотеки моделей для сборки новых моделей, е) учесть возможность появления новых классов мелкозернистых алгоритмов и структур, ж) обеспечить возможность кооперирования с широко доступным прикладным программным обеспечением (редакторы, визуализаторы, базы данных и т.п.), з) обеспечить поддержку использования сети Интернет для коллективной работы пользователей над сложной моделью и сетевой доступ к ресурсам супер-ЭВМ.

Существует достаточно большой набор (порядка двадцати [1]) систем имитационного моделирования мелкозернистых вычислений, но ни одна из них не решает всей совокупности поставленных для среды задач. Главные ограничения – ориентация на моделирование клеточного автомата и его небольших модификаций, отсутствие открытости систем, возможности композиционных построений сложных моделей, активного использования сети Интернет для организации процесса моделирования. Единственной системой, обеспечивающей решение всех поставленных перед средой задач, кроме задач, связанных с использованием ресурсов Интернет и супер-ЭВМ, является система имитационного моделирования WinALT [2, 3]. Эта система построена на собственной технологической платформе – библиотеке ДКМС [4], является *открытой*: предоставляет пользователю возможность включать в свой состав дополнительные модули с некоторым унифицированным интерфейсом, *дружественной*: обеспечивает широкое использование средств визуализации как для поддержки конструирования описаний мелкозернистых моделей, так и при их выполнении на компьютере, *интегрированной*: обеспечивает построение моделей с использованием библиотек на языках С и С++ и собственном языке, общих наборов данных для нескольких моделей. Система апробирована при построении широкого спектра мелкозернистых моделей и структур таких, как модели классических клеточных автоматов, в том числе 2D FHP модель физического процесса; ассоциативных и однородных структур; многоступенчатых 2D и 3D микроконвейеров, в том числе динамически перестраиваемых в процессе вычислений; клеточно-нейронной сети распознавания искаженных образов; клеточной модели управляющей сети Петри; клеточных моделей геометрических и алгебраических фракталов. Апробация подтверждает соответствие системы поставленным перед ней задачам.

Цель статьи – разработать решающую все поставленные выше задачи программную среду, используя библиотеку ДКМС и систему WinALT.

2. Архитектура среды.

Среда состоит из ядра и внешних модулей. В качестве ядра используется библиотека ДКМС. Она содержит средства по работе с динамически компонуемыми библиотеками, предоставляет операции для работы со структурами данных и для организации межмодульного взаимодействия. Пополнение библиотеки дополнительными модулями обеспечивает учет особенностей новой прикладной области, выбранной пользователем, особенностей набора применяемых им вычислительных методов, форматов данных и т.д. Библиотека ДКМС выполнена как надстройка над ОС (Windows и Linux). С помощью технологии сборки внешние модули используются для построения прикладных компонент среды. Такими компонентами, кроме

системы WinALT, являются ConSIM - консольная версия системы имитационного моделирования мелкозернистых алгоритмов и структур, ParSIM – параллельная версия системы имитационного моделирования мелкозернистых алгоритмов и структур, WebALT – сайт системы WinALT, NetALT – сетевая версия системы WinALT. Опишем взаимосвязь компонент. Формально компонента ConSIM, работающая под ОС Windows и Linux, является прикладной. Но из-за ограниченного интерфейса ее услуги обычным пользователям не предоставляются, она фактически используется разработчиками комплекса как дополнительная технологическая платформа для построения компонент WinALT и ParSIM.

WinALT получается при добавлении к ConSIM графической подсистемы. В настоящее время эта подсистема построена как приложение под платформу Win32 на базе библиотеки классов MFC. Вместе с тем предложенное разделение позволяет при необходимости строить другие варианты графического интерфейса, например, как приложения под Linux и Windows на базе библиотеки Trolltech QT.

Окно системы WinALT показано на Рис. 1. Имитационная модель оформляется в системе WinALT как проект, содержащий множество окон, в которых представлены графические объекты модели и тексты моделирующих программ. Отдельная моделирующая программа может содержать вызовы динамически компонуемых библиотек, реализованных на С и С++, использовать функции, написанные на языке системы и также вынесенные в отдельную библиотеку, доступную множеству проектов. Средства системы позволяют исполнять моделирующие программы изолированно, вызывая их из меню запуска системы, можно также описать в одной из моделирующих программ меню с выбором операций из любой другой моделирующей программы проекта.

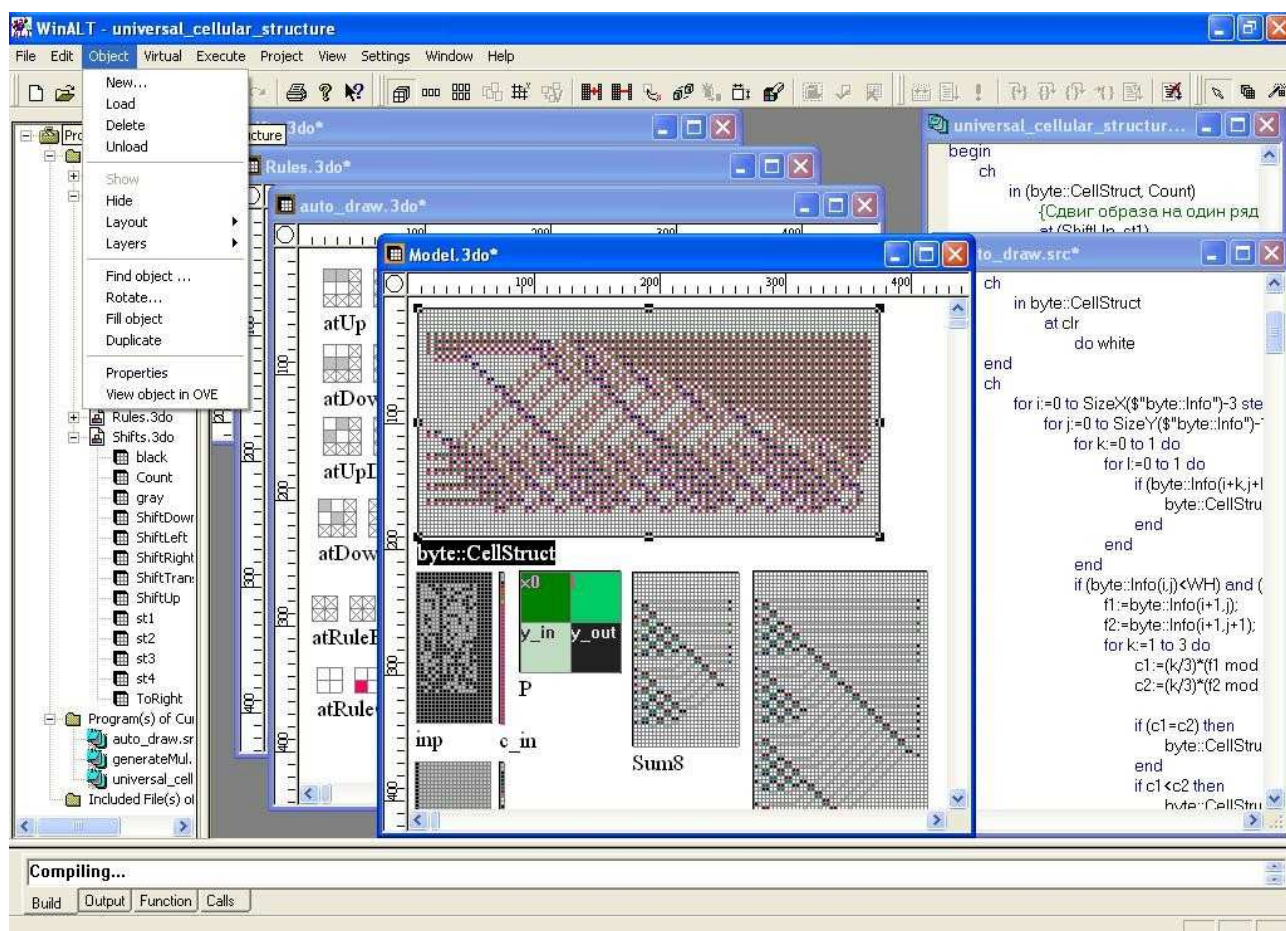


Рис. 1. WinALT-проект прототипа библиотеки моделей конвейерных арифметических устройств

Меню и инструменты системы обеспечивают работу с файлами проекта, режимами создания и отображения графических (клеточных) объектов модели - массивов данных и шаблонов параллельных команд подстановок, редактирование клеточных объектов и их внутреннего содержимого, совместное редактирование групп объектов, запуск, редактирование, выполнение и визуализированную отладку моделирующей программы. В целом можно сказать, что WinALT является системой визуального программирования, и, по-видимому, одной из первых, по крайней мере, в своей области.

ParSIM состоит из трех подсистем: клиента, сервера и демона. Построенная реализация ParSIM обеспечивает возможность использования кластеров из машин на базе Windows NT, XP. В качестве клиента выступает система WinALT. Используя средства системы WinALT, пользователь конструирует имитационную модель, задает топологию кластера, параметры исполнения. Затем он переносит модель на кластер ЭВМ с

помощью демона. Демон является отдельной утилитой, запускаемой на каждой машине кластера автоматически при загрузке на нее операционной системы. Сервер производит моделирование в параллельном режиме. Он запускается демонами на каждом узле, участвующем в прогоне имитационной модели. В текущей версии ParSIM поддержка коммуникаций для взаимодействия частей распределенного приложения (имитационной модели) как на фазе счета, так и при инициализации/деинициализации выполнена на основе библиотеки sockets, фактически являющейся интерфейсом для работы с протоколом TCP/IP. Тестирование для кластера показало, что эффективно, с коэффициентом ускорения близким к k (число машин), параллельная компонента исполняет моделирующие программы, созданные для классических клеточных автоматов (окрестности Неймана, Мура и Марголуса).

WebALT является переходной ступенью к построению NetALT. Адрес сайта в Интернете - <http://winalt.sccc.ru>. Сайт собран из фрагментов (генераторы HTML и SVG, модуль авторизации, и т.д.) с использованием библиотеки ДКМС. На сайте представлены разделы, включающие описание системы WinALT и технологии построения, выполнения и отладки имитационных моделей, коллекцию имитационных моделей в широком спектре алгоритмов и структур с мелкозернистым параллелизмом, обширный список литературы по клеточным вычислениям, описания известных систем моделирования, ссылку на дистрибутив системы WinALT. Окно сайта представлено на Рис. 2.

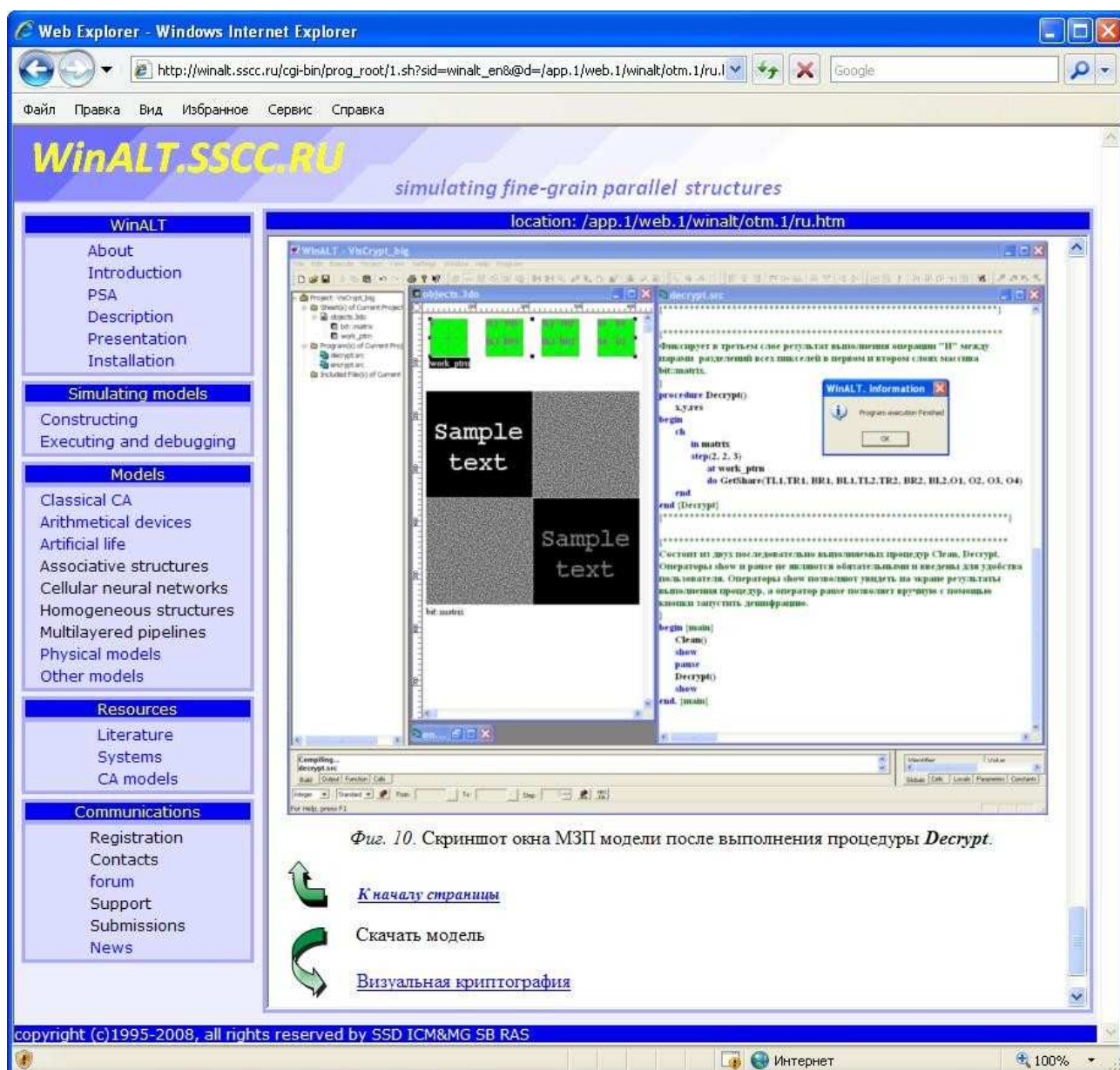


Рис. 2. Фрагмент описания WinALT модели визуальной криптографии на сайте

Начата работа по трансформации сайта в сетевую информационно-вычислительную систему NetALT. В настоящее время выполняется его пополнение заемными программными средствами поддержки коллективной разработки имитационной модели с использованием сети Интернет. Эти средства обеспечат: а) управление

версиями модели и ведение их архива, предоставление пользователям любой версии модели, включая наиболее новую, на основе - SVN; б) взаимодействие пользователей с помощью мгновенного обмена текстовыми сообщениями и файлами на основе серверов IRC и Jabber; в) организацию порядка ведения работ и контроль за его соблюдением на основе средств groupware, в первую очередь Intermesh GroupOffice; г) организацию обсуждения проектов и моделей с помощью тематических форумов на основе phpBB, Mantis; д) совместное ведение документации на основе DocuWiki. Сейчас на сайте только один элемент такого типа – Форум.

3. Перспективы развития.

Резюмируя изложенное выше, можно сказать, что фундамент среды готов: реализованы библиотека ДКМС, компоненты WinALT, ParSIM и WebALT. Дальнейшая работа будет проводиться по двум направлениям: развитие среды, наполнение среды.

Первое направление. Будут созданы средства доступа к супер-ЭВМ ССКЦ СО РАН через Web. Для этого ParSIM будет пополнен возможностью исполнения моделей на кластерах с узлами под ОС Linux. Библиотека ДКМС использовалась для решения аналогичной задачи при разработке Сибирской сетевой системы поддержки инновационной деятельности [5]: были созданы средства доступа к супер-ЭВМ для выполнения математического моделирования, включающие объектный менеджер, обеспечивающий унифицированное хранение данных в разных форматах, сервер обработки запросов, графический оконный клиент и протокол для их взаимодействия. Эти средства будут адаптированы для организации Интернет доступа к ресурсам супер-ЭВМ из ParSIM.

Для создания информационного пространства среды, в котором пользователи могут обмениваться моделями и их фрагментами, а также библиотеками процедур, режимов визуализации и форматов данных планируется реализовать репозиторий, обеспечивающий возможность размещения на сервере NetALT разнотипных данных удаленными пользователями, классификацию этих данных по расширяемому набору классификаторов и доступ к этим данным в среде моделирования через Web и GUI интерфейсы.

Для компоненты WinALT планируется расширение средств визуализации за счет построения новой графической оболочки, которая сможет исполняться не только на базе MFC, но и на базе таких библиотек как GTK, KDE, Trolltech QT. Также планируется пополнить набор стандартных библиотек для поддержки внешних форматов данных с целью обеспечения интероперабельности с пакетом MS Office и библиотекой TDF5, часто используемой для работы с научными данными.

Существенное внимание будет уделено завершению работ по пополнению WinALT средствами визуализации параллельных преобразований графовых структур данных, выполняемых с помощью правил подстановок, левые и правые части которых также являются графами [6].

Второе направление. Планируется постоянное пополнение коллекций моделей, в том числе реалистичными моделями, которые построены с использованием ресурсов ССКЦ СО РАН для вычислительных процессов из информатики и естественных наук. Планируется завершение разработки библиотеки, ориентированной на построение WinALT моделей специализированных процессоров с массовым параллелизмом в виде композиций динамически перестраиваемых многоступенчатых конвейеров [7]. Библиотека будет содержать масштабируемые модели конвейерных арифметических устройств (сложения, умножения, вычитания и др.), реализованных в универсальных клеточных структурах. Процесс построения библиотеки будет частично автоматизирован средствами самой системы WinALT.

4. Заключение.

Реализация среды в полном объеме позволит создать свободно распространяемое программное обеспечение, которое даст пользователю возможность строить имитационные модели на собственных аппаратно-программных ресурсах как индивидуально, так и в составе виртуального коллектива; позволит участвовать в формировании общего информационного пространства по мелкозернистым вычислениям на сервере NetALT, создавать коллекции и библиотеки моделей, расширять пользовательские возможности системы WinALT, получить с помощью сервера доступ к ресурсам кластеров ССКЦ СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://cafaq.com/>
2. D.T. Beletkov, M.B. Ostapkevich, S.V. Piskunov, I.V. Zhileev. WinALT, a software tool for fine-grain algorithms and structures synthesis and simulation // Lecture Notes in Computer Science. Berlin: Springer-Verlag, 1999, 1662. P. 491 — 496.
3. 3D лазерные технологии / Отв. редактор П.Е. Твердохлеб, 2003, Новосибирск, 550 с.
4. M.B. Ostapkevich. The DCMS library for open architecture application // Bull.Nov.Comp. Center, Comp. Science, 2004, № 21. P. 99 — 111.
5. Ю.А. Загоруйко, С.В. Пискунов, О.И. Боровикова, М.Б. Остапкевич. Распределенная Интернет-система формирования и поддержки инновационных проектов // Труды VIII-й международной конференции "Проблемы управления и моделирования в сложных системах" - Самара: Самарский Научный Центр РАН, 2006. - С. 427-432.
6. В.Ю. Петров. Моделирование мелкозернистых вычислений на графовых структурах данных. // Труды конференции молодых ученых ИВМ и МГ СО РАН. 2008 г. – С. 239-243.

7. С.В. Пискунов, Е.В. Умрихина. Компьютерное моделирование динамически перестраиваемых многоступенчатых микроконвейеров // «Научный сервис в сети Интернет: решение больших задач». (22-27 сентября 2008 г., г. Новороссийск).