

На правах рукописи

Лу Мо Каинг

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПЕРЕНОСА И ОПТИМИЗАЦИИ
ПРИЛОЖЕНИЙ В МНОГОПЛАТФОРМЕННОЙ СРЕДЕ**

Специальность: 05.13.11 – Математическое и программное
обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей
(технические науки)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2011

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете (СПбГМТУ)

Научный руководитель –

доктор физико-математических наук, профессор Богданов А.В.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Шабров Н.Н., профессор СПбГПУ

кандидат технических наук Шульц В.В, доцент ПМ-ПУ СПбГУ.

Ведущее предприятие – ФГБУ (АНИИ) “Арктический и антарктический научно-исследовательский институт”.

Защита диссертации состоится «21» Декабря 2011г в 15 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.238.01 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «17» Ноября 2011 г.

Ученый секретарь совета Д 212.238.01

кандидат технических наук

Н. Л. Щеголева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. За последние годы развитие вычислительных технологий достигло колоссального прогресса и у многих складывается ощущение, что экстенсивное развитие и простое увеличение мощности процессоров, емкости накопителей, пропускной способности каналов уже практически исчерпало свои ресурсы, и необходим качественный, концептуальный скачок в вычислениях. Требования к вычислительным ресурсам для сложных научных, инженерных и бизнес приложений под давлением экономических факторов все больше сдвигаются в сторону распределенной вычислительной среды, которая обеспечивает доступ для пользователей к географически распределенным компьютерным ресурсам, объединённым в единую мощную вычислительную платформу для выполнения параллельных и распределённых приложений.

Целью работы является запуск приложений на виртуальном полигоне и в многоплатформенной среде. Особое внимание уделяется возможности объединения ресурсов с сильно отличающейся производительностью и интеграции в гибридную распределенную среду многопоточных процессоров. Решен вопрос о синтетическом тесте, который позволяет оценить эффективность гетерогенных распределенных систем.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие **задачи**:

1. Подготовка баз данных в распределенной гетерогенной среде для поддержки распределенных вычислений.
2. Установка нужных библиотек и компиляторов в распределенной гетерогенной среде для предпроцессинга.
3. Разработка методик распараллеливания в гетерогенной среде для

комплексных задач.

4. Создание синтетического теста на базе пакета WRF для оценки эффективности.

Методы исследований базируются на технологиях проектирования программного обеспечения, теории надежности информационных систем, теории случайных процессов и потоков.

Объект исследования . Объектом исследования являются модели взаимодействия разноуровневых приложений виртуального полигона для запуска приложений (WRF) , погодных сценариев и визуализации.

Научной новизну работы составляет:

- метод переноса приложений в гетерогенных распределенных вычислительных средах.
- инструментарий для переноса приложений в гетерогенных распределенных вычислительных средах и тестовый полигон для его тестирования на разных платформах
- тест для оптимизации как распределенной вычислительной среды, так и комплексных приложений .

Достоверность научных результатов и выводов тестирования алгоритмов и программного обеспечения, а также практическим использованием разработанных технологических, алгоритмических и программных методов и средств.

Основные научные результаты.

- разработана методология переноса приложений в гетерогенных распределенных вычислительных средах.
- предложен инструментарий для такого переноса и создан тестовый полигон для его тестирования на разных платформах.
- программный пакет WRF использован как модель для создания синтетического теста для оптимизации как распределенной вычислительной среды, так и комплексных приложений.

Практическая значимость составляют:

1. Инструментарий для переноса приложений в гетерогенных распределенных вычислительных средах.
2. Тест для оптимизации распределенной вычислительной среды.

Внедрение результатов работы. Результаты диссертационной работы внедрены для организации доступа пользователей в вычислительном комплексе ПМ-ПУ СПбГУ и использованы в учебном процессе кафедр ВТ и ИТ СПбГМУ и ВТ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на национальных и международных научно-технических конференциях:

- Международная конференция МОРИНТЕХ 2009, Санкт-Петербург, 2009 г.
- Международная конференция CSIT 2009 «Computer Science & Information

Technologies», Yerevan, Armenia, 2009 г.

- 4-ая Международная конференция GRID 2010 «Distributed Computing and Grid-Technologies in Science and Education». Dubna, 2010 г.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Алгоритмы технологий виртуального полигона.
2. Программный продукт для запуска приложения в распределённых вычислительных ресурсах.
3. Информационная модель исследования и прогнозирования погоды как синтетический тест в многоплатформенной среде .

Публикации. Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 5 статьях и докладах, из них по теме диссертации 5, среди которых 1 публикация в ведущем рецензируемом издании, рекомендованном в действующем перечне ВАК. Доклады доложены и получили одобрение на 4 международных, всероссийских и межвузовских научно-практических конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав с выводами, заключения и списка литературы, включающего 80 наименования. Основная часть работы изложена на 128 страницах машинописного текста. Работа содержит 40 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано описание проблемы, краткий обзор предметной области. Обоснована актуальность диссертационной работы и сформулированы ее основные цели и задачи.

В первой главе посвящена анализа походов к объединению вычислительных и информационных ресурсов и описание технологии GRID как средство межплатформенной консолидации и развития технология GRID.

В первой части дается анализ походов к объединению вычислительных и информационных ресурсов и выясняется роль GRID технологий в организации распределенных вычислительных систем. Основной проблемой широко распространённых технологий глобальных компьютерных сетей является невозможность универсально и эффективно использовать удалённые вычислительные ресурсы. Изначально так называемые "Internet-технологии" ориентировались на доступ к данным (файлам, базам данных), а не к вычислительным мощностям. Для преодоления ограничений и недоработок существующих решений была предложена новая технология, получившая название Grid. Раньше для сложных и ресурсоёмких вычислительных задач использовали суперкомпьютеры, но теперь стало понятно, что эффективным и значительно более дешёвым решением является объединение в вычислительный комплекс большого числа персональных компьютеров. Мощности современных процессоров вполне достаточно для решения элементарных шагов большинства задач, а объединение нескольких десятков таких процессоров позволяет быстро

и эффективно решать многие поставленные задачи, не прибегая к помощи мэйнфреймов и супер компьютеров.

Особый интерес такая технология представляет для организаций и учреждений, уже имеющих в своём распоряжении большой парк персональных компьютеров. Объединение их в вычислительный комплекс позволяет эффективно использовать простаивающие мощности и повысить производительность труда конечных пользователей. Также объединение географически удалённых компьютеров позволяет создавать виртуальные организации (VirtualOrganization - VO), примерами которых могут служить группы разработчиков, экспертные системы, online базы данных и т.д., предоставляющих сервис по всему миру. Идея виртуальной организации - географическая распределённость при информационной интеграции. Основной идеей Grid-технологии является централизованное и скоординированное распределение ресурсов, решение проблем создания виртуальных организаций. В данном случае под распределением ресурсов понимается не только обмен файлами, а прямой доступ к вычислительным мощностям, программному обеспечению, данным, периферийному оборудованию.

Сервис-ориентированная архитектура—модульный подход к разработке программного обеспечения (в дальнейшем ПО), основанный на использовании сервисов (служб) со стандартизованными интерфейсами. В основе SOA лежат принципы многократного использования функциональных элементов информационных технологий (в дальнейшем ИТ), ликвидации дублирования функциональности в ПО, унификации типовых операционных процессов, обеспечения перевода операционной модели компании на централизованные

процессы и функциональную организацию на основе промышленной платформы интеграции.

В второй главе рассматривается запуск приложений в GRID, создание полигона и его основные проблемы.

Технологии распределенных вычислений и хранения данных представляют собой интерес для тех исследователей которые занимаются решением задач , требующих значительных затрат вычислительных ресурсов. В настоящее время активно развиваются различные реализации GRID –систем , увеличивается количество пользователей , имеющих доступ к системам распределенных вычислений и хранения данных. Целью данной работы являлось создание полигона для тестирования Grid продуктов как операционного окружения для больших вычислительных центров. В нашем полигоне используется промежуточное программное обеспечение и другие приложения на базе операционной системы LINUX. В результате анализа целого ряда возможных комбинаций вычислительных платформ и промежуточного программного обеспечения был сделан следующий выбор -

- 1.Промежуточное программное обеспечение как администратор - SGE (Sun Grid Engine).
- 2.Для Хранения и управления данными - приложение DB 2.
- 3.Создание портала и gateway – UNICORE.
- 4.Тестирование приложений - WRF (Weather Research and Forecast System).

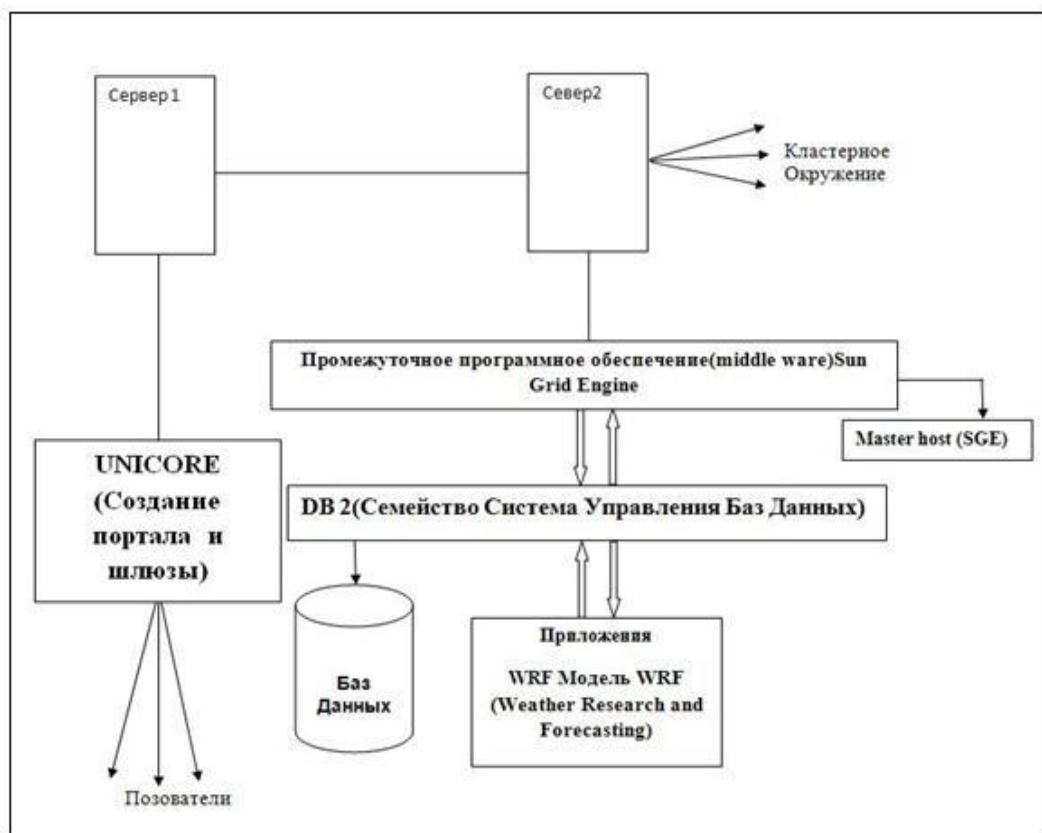


Рис.1. Взаимодействие сервисов при управлении данными на платформе Sun Grid Engine и приложении WRF.

Проблема параллельных приложений в гетерогенной среде стала более очевидной после широкого развития и внедрения Grid-технологий. Большое количество вычислительных приложений в рамках проблемно ориентированных сред (PSE), разработанных для традиционных параллельных систем, требуют модификации для эффективной работы в распределенных и разнородных средах (таких как Grid). В работе на примере объединения разнородных моделей природной среды WRF (Weather Research Forecasting—модель региональной атмосферной циркуляции) и Wave Watch (модель ветрового волнения) рассматриваются проблемы построения виртуального

полигона (BP) в виде PSE. Эти две модели были выбраны для простейшей иллюстрации особенностей реализации BP, поскольку каждая из них требует работы с большим объемом входных данных, серьезных вычислительных ресурсов, обработки выходной информации (ассимиляции данных, визуализации и анимации), а выходные данные одной из моделей после определенной обработки являются исходными данными для другой. Это дает возможность проверить информационные и вычислительные решения, предлагаемые для многоуровневых приложений в распределенной среде. Ключевым моментом исследования является проблема запуска параллельных приложений в условиях динамического гетерогенного ресурса, поскольку как требования к потребному ресурсу, так и сам ресурс могут измениться во время выполнения. Концепция BP определяет организацию моделирующего комплекса, как сложной многоуровневой интеллектуальной системы, состоящей из следующих основных компонент:

- иерархии имитационных моделей, отражающих рассматриваемые проблемные области;
- аналитических моделей (иерархии аналитических моделей), дающих упрощенное (агрегированное) описание различных сторон моделируемых явлений;
- информационной подсистемы, включающей базу данных и знаний, основанную на методах и моделях искусственного интеллекта;

- системы управления и сопряжения, обеспечивающей взаимодействие всех компонент системы и работу с пользователем (лицом, принимающим решения) в режиме интерактивного диалога.

При реализации концепции виртуального полигона важная роль принадлежит GRID-технологиям, определяющим создание инфраструктуры, обеспечивающей глобальную интеграцию информационных и вычислительных ресурсов. Однако развертывание комплекса распределенных приложений в условиях Grid-среды ставит проблемы как в области использования технических средств (компьютеров), так и в области вычислительных наук, главным образом из-за динамической и децентрализованной природы Grid.

В третьей главе приводится тестирование Grid NAS как универсальный тест в распределенных вычислительных средах. NAS Grid Benchmarks (NGB) – спецификации для вычислительных гридов. Задачи NGB основаны на NAS Parallel Benchmarks (NPB) и определяются графом потока данных (Data Flow Graph – DFG), комбинируя как модифицируемую задачу NPB на каждом узле графа, которая связывает с другим узлом по отсылке/ получению данных и инициализации. В NGB существует пять основных NPB задач (BT, FT, LU, MG, SP) , характеризующих различные типы научных вычислений. Эти задачи взаимодействуют друг с другом в различных формах, и формируют четыре проблемы, представляющие четыре типичные грид приложения: Embarrassingly Distributed (ED), Helical Chain (HC), Visualization Pipeline (VP) и Mixed Bag (MB).

Цель NGB состоит в том, чтобы измерить способности вычислительного грида. Ожидается, что гриды станут более эффективными при росте производительности каждой системы, а так же числа доступных систем. Ожидаемая оптимизация будет достигнута увеличением размера проблемы NGB. Следовательно, классы NGB произведут большую вычислительную нагрузку и так же задействуют больше узлов графа. Ниже приведены размеры классов NGB.

Name	Class						
	S	W	A	B	C	D	E
ED	9×1	9×1	9×1	18×1	36×1	72×1	144×1
HC	1×9	1×9	1×9	1×18	1×27	1×36	1×45
VP	3×3	3×3	3×3	3×6	3×9	3×12	3×15
MB	3×3	3×3	3×3	4×4	5×5	6×6	7×7

Рис.2.Классы NGB задач.

Экземпляр NGB включает в себя коллекцию измененных задач NPB, каждая из которых определена на фиксированной сетке методом прямолинейной дискретизации. Каждая задача NPB (BT, SP, LU, MG, или FT) определяется классом (размер сетки, число взаимосвязей), источником входных данных, а также формой представления данных. Таким образом, экземпляр NGB определяется графом потока данных (DFG). DFG состоит из соединенных узлов, направленных дуг. Она построена таким образом, что существует направленный путь из любого узла в приёмный узел графа. Это необходимо для обеспечения того, чтобы что-бы при сбое одного из узлов это было сразу обнаружено.

В четвертой главе приведен запуск приложений реальной ситуации в распределённой вычислительной среде. В наше время круг задач, требующих для своего решения применения мощных вычислительных ресурсов, постоянно расширяется. Это связано с тем, что произошли фундаментальные изменения в самой организации научных исследований. Вследствие широкого внедрения вычислительной техники, значительно усилилось направление численного моделирования и численного эксперимента. Численное моделирование, заполняя промежуток между физическими экспериментами и аналитическими подходами, позволило изучать явления, которые являются либо слишком сложными для исследования аналитическими методами, либо слишком дорогостоящими или опасными для экспериментального изучения. При этом численный эксперимент позволил значительно удешевить процесс научного и технологического поиска. Стало возможным моделировать в реальном времени процессы интенсивных физико-химических и ядерных реакций, глобальные атмосферные процессы, процессы экономического и промышленного развития регионов и т. д. Очевидно, что решение таких масштабных задач требует значительных вычислительных ресурсов.

Для иллюстрации возможностей полигона выбрано тяжелое комплексное приложение пакет WRF.



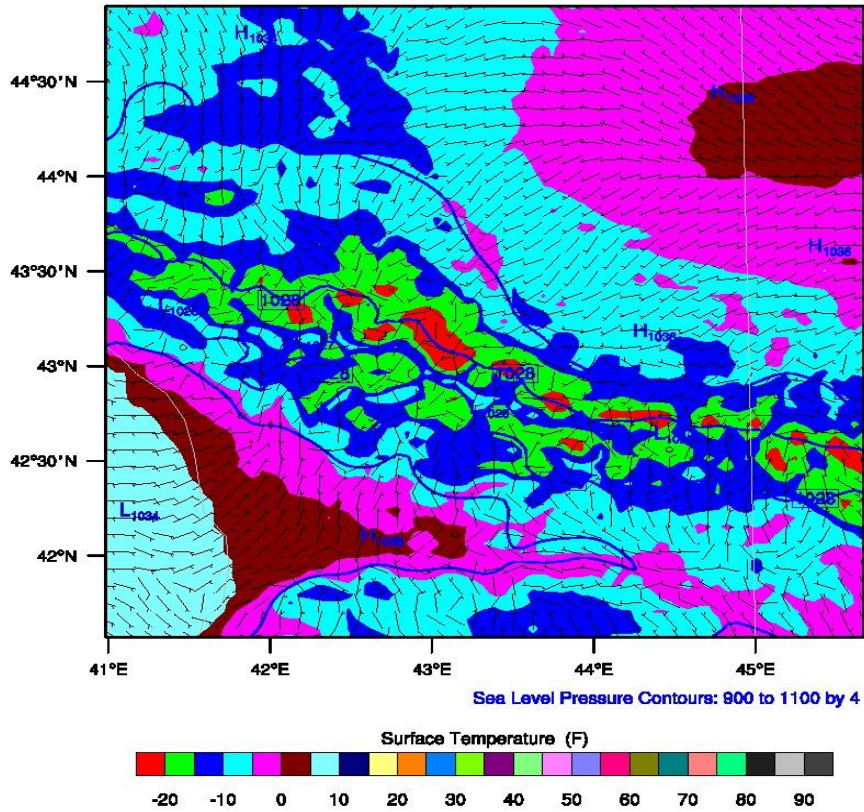
Рисунок.3. Кластерное окружение и запуск приложения WRF с помощью SSH

В приложении есть возможности выбрать любую территорию мира для запуска приложения WRF и уточнить координаты территории, для которой будут приводиться детальные данные. В качестве тестового примера берется территория Кабардино-Балкарии $43^{\circ} 25' 0''$ N , $43^{\circ} 32' 0''$ E, для которой характерен большой перепад высот и климатических условий.

REAL-TIME WRF

Init: 2011-03-14_00:00:00
Valid: 2011-03-14_01:00:00

Surface Temperature (F)
Sea Level Pressure (hPa)
Wind (kts)



OUTPUT FROM WRF V3.2 MODEL
WE = 80 ; SN = 76 ; Levels = 28 ; Dis = 5km ; Phys Opt = 6 ; PBL Opt = 1 ; Cu Opt = 0

Рисунок.4. Реальное предсказание температуры на территории Кабардино-Балкарии 14 го Марта 2011 года..

Модель WRF является мезошкальной числовой моделью для предсказания погоды следующего поколения созданной с целью обеспечить потребности как в

оперативном прогнозировании, так и в исследованиях атмосферы. Программа эта состоит из нескольких подсистем, которые выполняются последовательно с разными требованиями к ресурсам. Если эти подсистемы выполнять на разных вычислительных комплексах, то задача организации всего вычислительного процесса становится настолько сложной, что для многих пользователей будет непреодолимой. В связи с этим необходимо создать распределенный вычислительный комплекс, в котором задачи доступа и распределения ресурсов решаются автоматически. Мы для этого используем технологию облачных вычислений. Некоторые примеры работы этой системы показаны на Рис.2

Время (час)

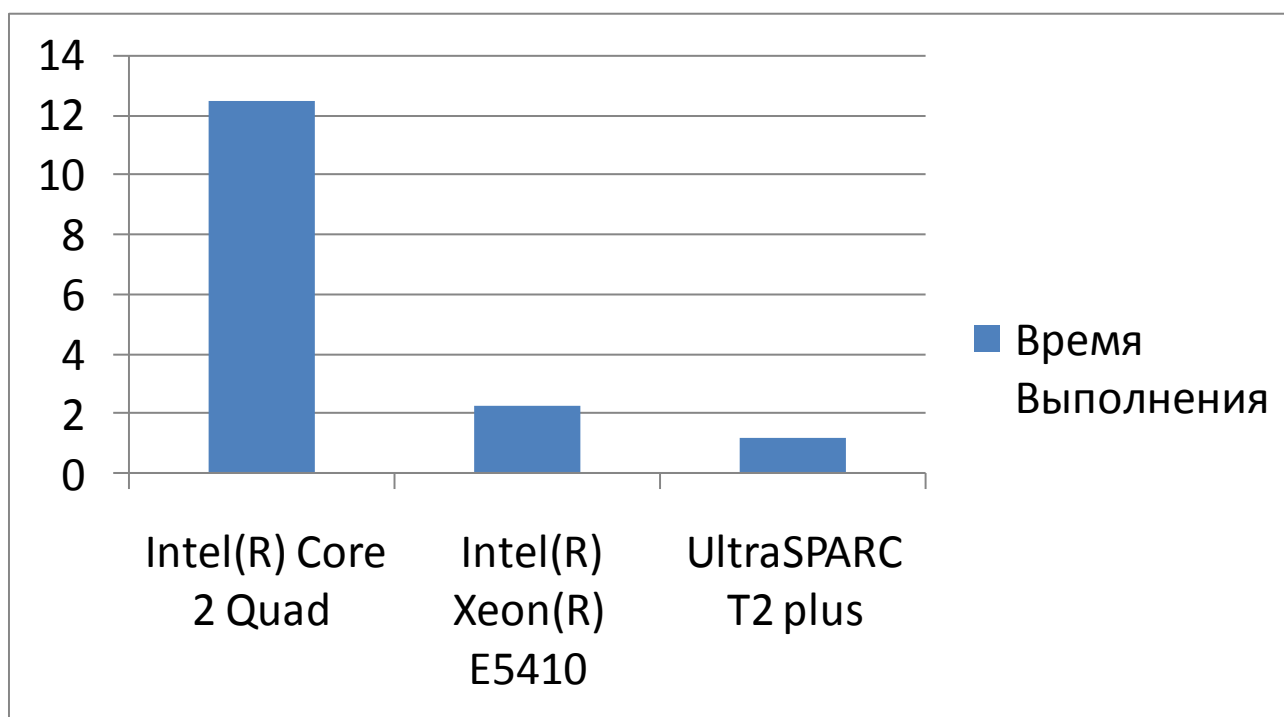


Рис.5. Сравнение Вычислительной результаты между однородных и неоднородных среды.

Заключение. Таким образом, в настоящей диссертации была предложена методология и разработаны программные продукты для запуска приложений на распределённых гетерогенных вычислительных ресурсах. Применение этой системы показало высокую эффективность Полигона, основанного на облачных технологиях (малые накладные расходы), и возможность относительно простого управления вычислительным процессом. Кроме того, была продемонстрирована эффективность современных поточных процессоров (Ultra SparcT2+) для решения таких задач. Скомпилированное на гетерогенной распределенной системе приложение – модель WRF – показало себя эффективным синтетическим тестом для оптимизации вычислительных комплексов.

Опубликованные научные работы по теме диссертации в изданиях, определенных ВАК:

1. А. В. Богданов, Е.Н. Станкова, Лу Мо Каинг , Оценка Возможности Виртуального Полигона для Исследования Динамики Погоды(WRF) на Территории Санкт-Петербурга. Известия , СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2011.– Вып. 8.– С.51-55.

и в других изданиях:

2. Лу Мо Каинг. Создание полигона для тестирования GRID-продуктов как оперативного окружения для больших вычислительных центров // XV Всероссийская научно-методическая конференция “Телематика’2008”. Санкт-Петербург, 2008. С.438.

3. Alexander Bogdanov, Lu Moe Khaing, Soe Moe Lwin , Создание полигона для тестирования Grid-продуктов на базе Sun Grid Engine //Proceedings of International Conference «Computer Science & Information Technologies», 28 September - 2 October, 2009, Yerevan, Armenia, pp.394-396.
4. Лу Мо Каинг. Создание полигона для тестирования GRID-продуктов как оперативного окружения для больших вычислительных центров и его приложения WRF // Материалы пятой общероссийской конференции молодых ученых и специалистов по морским интеллектуальным технологиями МОРИНТЕХ-ЮНИОР, Санкт-Петербург. 2009, С.94 – 95.
5. Alexander Bogdanov, E.N. Stankova , Lu Moe Khaing.Оценка возможности использования региональной модели исследования и прогноза погоды (WRF) для территории Кабардино-Балкарии // Распределенные вычисления и Грид-Технологии в науке и образовании .GRID '2010 , 4th МЕЖДУНАРОДНАЯ GRID КОНФЕРЕНЦИЯ , Дубна . 2010 , С 47-48 .