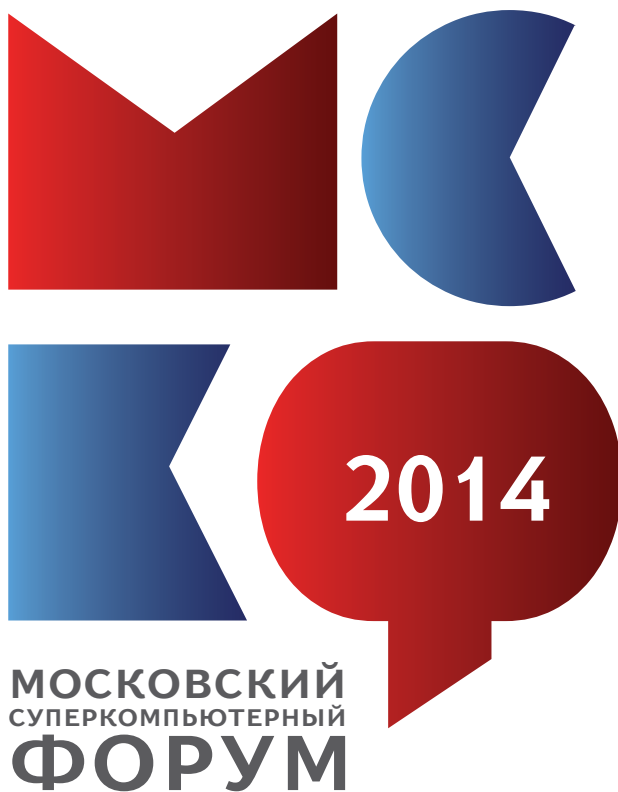


РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РФ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ «РОСАТОМ»
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФОНД ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
«ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ»



ПРОГРАММА И ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Москва, 2014 год

УДК 519.6, 519.7, 004.2, 004.3
ББК 32.973

При поддержке



Организатор

Генеральные информационные партнеры



Оргкомитет Пятого МСКФ выражает признательность Российскому фонду фундаментальных исследований (грант 14-07-20284-г), ФГУП «НИИ «Квант», ОАО «НИЦЭВТ», компаниям «РСК», IBM, HP, Intel и Raidix за содействие в проведении форума.

Тематика МСКФ-2014:

Пленарная сессия. Перспективы экзамасштабных систем

Секция. Архитектуры и программное обеспечение высокопроизводительных систем

Секция. Суперкомпьютерная индустрия: практика и кадры

Секция. Стендовые доклады

Программа и тезисы докладов Пятого Московского суперкомпьютерного форума (Москва, 21 октября 2014 г.). // [Под. ред. Волкова Д.В.]. — М.: «Открытые системы», 2014. — 24с.

В сборник трудов включены доклады Пятого Московского суперкомпьютерного форума. Цель форума – консолидация усилий отечественных научно-исследовательских и промышленных коллективов, создающих элементно-конструкторскую базу экзамасштабных высокопроизводительных систем и программные средства решения задач в параллельных средах. Материалы сборника тезисов предназначены для представителей федеральных ведомств, научных сотрудников, разработчиков и пользователей, а также преподавателей и аспирантов, интересующихся проблемами создания и эксплуатации суперкомпьютерных систем экзафлопсного уровня производительности. Подробную информацию о МСКФ-2014 можно найти по адресу www.osrcon.ru.

© Copyright 2014 ЗАО «Открытые системы»

Формула инноваций

Нужны ли вообще инновационные суперкомпьютерные технологии, а если да, то кому и зачем? Имеются ли сегодня достойные задачи для инфраструктур НРС? Стоит ли делать инвестиции в отечественную индустрию высокопроизводительных систем либо следует правдами и неправдами приобретать за рубежом готовые изделия? Такие вопросы часто возникают на форумах и в кулуарах конференций, посвященных суперкомпьютерным технологиям. Действительно, не все могут позволить себе ездить на болиде «Формулы-1», и, скорее всего, не все инновации, используемые конструкторами элитных гонок и создателями суперкомпьютеров экзафлопсной производительности, найдут широкое применение. Корректнее рассматривать и НРС, и гонки «Формулы-1» как полигон отработки новых решений, катализатор развития науки и национальной экономики в целом. Кроме этого, сам факт присутствия той или иной страны в клубе суперкомпьютерных держав свидетельствует о серьезности ее намерений проводить самостоятельную политику.

Создание отечественных суперкомпьютеров экзафлопсной производительности на порядки производительнее существующих компьютеров — задача национального масштаба, решение которой невозможно без привлечения всех имеющихся в России команд разработчиков, отечественных компаний-производителей и пользователей из различных отраслей экономики. Форумы МСКФ, призванные независимо от конъюнктуры и ведомственных интересов консолидировать профессиональное сообщество отечественных специалистов по инновационным суперкомпьютерным технологиям, стали сегодня признанной всероссийской площадкой объективной оценки результатов работ в области создания отечественных высокопроизводительных комплексов и разработки для них системного и прикладного программного обеспечения.

Пятый МСКФ–2014 продолжает работу по созданию условий для проведения общественной экспертизы работ и исследований в области инновационных суперкомпьютерных технологий, внося реальный вклад в выполнение таких федеральных инициатив, как, например, «Стратегия развития отрасли информационных технологий в РФ на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года».

Инновационные суперкомпьютерные технологии нельзя купить или получить иным путем, однако в цифровую эпоху именно они являются основным стратегическим ресурсом государства. В гонках «Формулы-1» лишь немногие команды имеют возможность создавать собственные двигатели, а другие вынуждены устанавливать на свои болиды чужие моторы. Естественно, приобретая в том числе и агрегаты производства спонсоров команд-конкурентов, они получают доступ далеко не к новейшим решениям, не говоря уже о необходимости платить немалые суммы за их обслуживание.

Несмотря на то что сегодня еще нет явной угрозы суверенитету страны, сохранение зависимости национальной экономики от неблагоприятных внешних факторов, особенно в области инновационных суперкомпьютерных технологий, делает этот суверенитет весьма условным. Наибольшие шансы победить в соревновании конструкторов суперкомпьютерной индустрии имеют только команды, владеющие собственными инновационными «двигателями».

Организационный комитет МСКФ-2014

Москва, 21 октября 2014 года

ПЛЕНАРНАЯ СЕССИЯ	
Инновационные суперкомпьютерные технологии и проблемы создания отечественной перспективной элементной базы	Эйсымонт Л.К., к.ф.-м.н., Горбунов В.С., к.т.н., НИИ «Квант»
Квантовая информатика: стратегическая дорожная карта	Гарбук С.В., к.т.н., зам. генерального директора, Фонд перспективных исследований
Состояние и перспективы развития сверхпроводниковой электроники: быстрая одноквантовая логика	Гудков А.Л., к.ф.-м.н., ФГУП НИИФП им. Ф.В.Лукина
От систем с жидкостным охлаждением до решений с массовым параллелизмом: первый проект на Xeon E5-2600 v3	Московский А.А., генеральный директор, «РСК Технологии»
Технологии для высокоэффективных процессов электронной литографии	Быков В.А., д.т.н., Поляков В.В., к.т.н., «НТ-МДТ»
Высокопроизводительные решения от компании IBM	Сысоев А.В., IBM Russia & CIS
Отечественные разработки в области суперкомпьютерных технологий	Изагалин С.П., к.т.н., Симонов А.С., к.т.н., Михеев В.А., НИЦЭВТ, концерн «Вега»
Экзафлопсные суперкомпьютеры: контуры архитектуры	Степаненко С.А., д.т.н., Южаков В.В., ИТМФ «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
Стратегия Intel для движения к Exascale	Местер Н.С., Intel
Российские суперкомпьютерные технологии «Эльбрус»	Волконский В.Ю., к.т.н., Ким А.К., к.т.н., ИНЭУМ им. И.С. Брука
Системы HP Apollo для высокопроизводительных вычислений	Елагин В.В., HP
Профессиональное сообщество специалистов в области инновационных суперкомпьютерных технологий	Волков Д.В., «Открытые системы», Забеднов П.В., ВО «Внештехника», Левшин И.В., «Суперкомпьютеры»
СЕКЦИЯ. АРХИТЕКТУРЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	
Защищенная гетерогенная облачная платформа для научных вычислений	Заборовский В.С., д.т.н., Лукашин А.А., к.т.н., Мулюха В.А., СПбГУ
Программирование приложений массивно-параллельных баз данных	Кузнецов С.Д., д.т.н., ИСП РАН
Проект МГВС моделирования экзафлопсного суперкомпьютера	Корнеев В.В., д.т.н., «НИИ «Квант»
Проблемы адаптации параллельных приложений для гетерогенных суперкомпьютеров на примере задачи механики сплошных сред	Аветисян А.И., д.ф.-м.н., Монаков А.В., ИСП РАН
Программные средства для проведения расчета (библиотеки libjms и libfeedback)	Лобанов П.С., «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
Виртуальный суперкомпьютер	Богданов А.В., д.ф.-м.н., Дегтярев А.Б., д.т.н., Корхов В.В., к.ф.-м.н., СПбГУ
Опыт реализации текстурного компрессора на гетерогенных высокопроизводительных системах	Палташев Т.Т., д.т.н., Перминов И.В., СПбНИУ ИТМО

Языки высокого уровня для гибридных высокопроизводительных систем с ускорителями	Крюков В.А., д.ф.-м.н., Бахтин В.А., к.ф.-м.н., Притула М.Н., к.ф.-м.н., Колганов А.С., ИПМ им.М.В.Келдыша РАН
Обеспечение высокой доступности массивно-параллельных файловых систем	Платонов С.М., RAIDIX
СЕКЦИЯ. СУПЕРКОМПЬЮТЕРНАЯ ИНДУСТРИЯ: ПРАКТИКА И КАДРЫ	
Перспективные задачи корабельной гидродинамики: решения и ресурсы	Лобачев М.П., к.т.н., Крыловский государственный научный центр
Моделирование на гибридных суперкомпьютерах сверхзвуковых потоков и ударных волн за крылом	Давыдов А.А., к.ф.-м.н., Луцкий А.Е., д.ф.-м.н., ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
Проблемы сопровождения больших суперкомпьютерных центров	Стефанов К.С., к.ф.-м.н., Жуматий С.А., к.ф.-м.н., Никитенко Д.А., Сидоров И.Ю., Соболев С.И., НИВЦ, МГУ им. М.В. Ломоносова
Суперкомпьютерные технологии для предотвращения угрозы наводнений	Бухановский А.В., д.т.н., директор НИИ наукоемких компьютерных технологий СПбГУ ИТМО
Высокопроизводительные системы для финансовых расчетов	Кузьминский М.Б., к.х.н., Институт органической химии им. Н.Д.Зелинского РАН, Попов В.Ю., д.ф.-м.н., Финансовый университет при Правительстве РФ
Суперкомпьютерное образование в России	Попова Н.Н., к.физ.-м.н., МГУ им. М.В. Ломоносова, Антонов А.С., к.ф.-м.н., НИВЦ МГУ
Международные рекомендации по разработке учебных планов в области суперкомпьютерных технологий	Гергель В.П., д.т.н., ННГУ им. Н.И. Лобачевского
Новое поколение распределенных систем обработки Больших Данных в неоднородной компьютерной среде	Климентов А.А., к.ф.-м.н., Велихов В.Е., к.ф.-м.н., РНЦ «Курчатовский институт», Брукхайвенская национальная лаборатория (США), Кореньков В.В., д.т.н., ЛИТ ОИЯИ
СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ	
Расчеты задач газовой динамики на гетерогенных системах с массово-параллельными ускорителями различной архитектуры	Горобец А.В., к.ф.-м.н., ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
Параллелизм: принципы, модель, реализация, технология	Любченко В.С., генеральный директор, Александровский завод «РАДИОПРИБОР» (г.Александров)
Модель времени вычислений	Штейнберг Б.Я., Гервич Л.Р., Юрушкин М.В., ЮФУ
Реализация гетерогенного теста HPL с контрольными точками	Липов Д.И., «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
Вычислительная томография и суперкомпьютерные технологии	Гончарский А.В., Романов С.Ю., НИВЦ МГУ

Организационный комитет:

Гуляев Ю.В.	академик РАН, директор ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, председатель оргкомитета
Волков Д.В.	с.н.с. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, гл. редактор журнала «Открытые системы.СУБД», зам. председателя оргкомитета
Бетелин В.Б.	академик РАН, директор НИИСИ РАН
Воеводин В.В.	чл.-корр. РАН, зам. директора НИВЦ МГУ
Гергель В.П.	д.т.н., декан ННГУ им. Н.И. Лобачевского
Иванников В.П.	академик РАН, директор ИСП РАН
Кореньков В.В.	д.т.н., директор ЛИТ ОИЯИ
Левин В.К.	академик РАН, научный руководитель ФГУП «НИИ «Квант»
Никитов С.А.	чл.-корр. РАН, зам. директора ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
Федоров А.Р.	к.т.н., директор ООО «ИТ-экспо»
Четверушкин Б.Н.	академик РАН, директор ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Программный комитет:

Абрамов С.М.	чл.-корр. РАН, директор ИПС РАН
Богданов А.В.	д.ф.-м.н., СПбГУ
Быков В.А.	д.т.н., зам. директора по науке ФГУП НИИФП им. Ф.В. Лукина, ген. директор группы компаний «НТМДТ», президент Нанотехнологического общества России
Велихов В.Е.	к.ф.-м.н., зам. директора ФГУ РНЦ «Курчатовский институт»
Волконский В.Ю.	к.т.н., ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука»
Гарбук С.В.	к.т.н., зам. генерального директора Фонда перспективных исследований
Горбунов В.С.	к.т.н., зам. директора ФГУП «НИИ «Квант»
Каляев И.А.	чл.-корр. РАН, директор НИИ МВС
Кузьминский М.Б.	к.хим.н., зам. зав. лаб. ИОХ РАН
Михеев В.А.	к.т.н., ген. директор ОАО «НИЦЭВТ», концерн «Вега»
Савин Г.И.	академик РАН, директор МСЦ РАН
Соловьев В.П.	д.ф.-м.н., первый зам. директора ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», директор ИТМФ
Стемпковский А.Л.	академик РАН, директор ИППМ РАН
Сухомлин В.А.	д.т.н., профессор, ВМК МГУ
Христов П.В.	к.ф.-м.н., вице-президент ЗАО «Открытые системы»
Шагалиев Р.М.	д.ф.-м.н., зам. директора ИТМФ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
Эйсымонт Л.К.	к.ф.-м.н., ФГУП «НИИ «Квант»
Якобовский М.В.	д.ф.-м.н., зав. сектором ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Инновационные суперкомпьютерные технологии и проблемы создания отечественной перспективной элементной базы

Эйсымонт Л.К., Горбунов В.С. — НИИ «Квант»

Сегодня состояние работ в области суперкомпьютерных технологий можно, на примере США, характеризовать следующим образом:

- продолжение внедрения результатов программы DARPA HPCS в виде коммерческих иерархических суперкомпьютеров с коммуникационными сетями нового поколения, а также заказных массово-мультиредовых вычислительных систем, усиленных векторной обработкой;
- продолжение выполнения программ DARPA и программ Министерства энергетики по экзамасштабным технологиям с целью создания суперкомпьютера экзафлопсного уровня производительности — эволюционного (после 2018 года) и инновационного (после 2024 года);
- выполнение программы DARPA STARnet (начало в 2013 году) оптимизации использования КМОП-технологий и разработки элементно-конструкторской базы постмуровской эры для создания суперкомпьютеров зетта- и йотта-уровня производительности.

Аналогичная ситуация в области суперкомпьютеров наблюдается в Китае и Японии, которые своевременно организовали выполнение программ, аналогичных DARPA HPCS, и, что самое главное, как и в США, адекватно оценили еще во второй половине 2000-х годов важность суперкомпьютерной отрасли для национальной безопасности и возможные решения по ее развитию.

Все перечисленные направления взаимосвязаны — результаты, достигаемые по одним направлениям, применяются в смежных направлениях и влияют на них, что обеспечивается вертикальной и горизонтальной интеграцией работ в этих странах на федеральном уровне. Сложившееся общее представление о задаче построения суперкомпьютеров экзафлопсного класса весьма точно конкретизировали японские специалисты, отказавшись от создания экзафлопсного суперкомпьютера «вообще» и сосредоточившись на разработке суперкомпьютеров для решения наиболее важных, выделенных по ряду показателей, четырех классов задач: GP — универсальные суперкомпьютеры; CO и RM — суперкомпьютеры с большей производительностью по отношению к GP, но с меньшими требованиями либо по объему памяти, либо по ее пропускной способности; CB — суперкомпьютеры, не требующие достижения высокой производительности, но предъявляющие повышенные требования по объему памяти и ее пропускной способности. Данные классы суперкомпьютеров допускают в большей или меньшей степени применение эволюционного и инновационного подходов к разработке, одновременно требуя использования разных архитектурно-программных принципов и разной элементно-конструкторской базы.

Область суперкомпьютеров GP-класса в большей степени допускает применение эволюционных подходов разработки и использование коммерчески доступной элементной базы. Здесь проблемы импортозамещения в отечественных условиях будут наиболее сложными. Области суперкомпьютеров классов RM, CO и CB наиболее важны для решения сложных научно-технических задач, поэтому применение инновационных подходов в этой области не только возможно, но и крайне необходимо.

Достаточно продвинуты, если сравнивать с зарубежными исследованиями, отечественные разработки суперкомпьютеров RM- и CO-класса, для которых на текущем этапе применяется как коммерчески доступная элементно-конструкторская база в виде микропроцессоров разного типа, так и перепрограммируемые интегральные схемы (ПЛИС). Следующий этап развития — применение ориентированных на решение отдельных задач СБИС и проблемно ориентированных СБИС. Такая элементная база в нашу страну не поставлялась и в перспективе вряд

ли будет доступна. При разработке новых отечественных СБИС важно использование новых физических подходов, таких как: нанофотоники, технологии трехмерной сборки кристаллов, технологии микросборок и соединения плат через оптические линии связи, квантовой криогенной электроники (в первую очередь быстрой одноквантовой логики RSFQ, как цифровой, так и аналоговой), квантовых клеточных автоматов (QCA). Применение этих новаций потребует адекватных изменений в архитектуре и микроархитектуре, создания нового программного обеспечения, поскольку потребуются другой уровень параллелизма и отказоустойчивости, а также будет необходимо учитывать множество других особенностей.

По сравнению с зарубежными работами отстает разработка отечественных суперкомпьютеров СВ-класса, ориентированных на решение задач с интенсивной нерегулярной работой с памятью. Эти вычислители необходимы как для проведения научно-технических расчетов повышенной сложности, а также требующих огромных объемов данных, так и для решения сложных информационно-аналитических задач работы с Большими Данными. За рубежом активно решаются проблемы, связанные с этими суперкомпьютерами, отрабатываются различные решения и осуществляется увязка с первоочередной проблематикой создания суперкомпьютеров RM- и CO-класса.

Квантовая информатика: стратегическая дорожная карта

Гарбук С.В. — Фонд перспективных исследований

Одним из наиболее приоритетных направлений развития современной физики являются технологии квантовой информатики, направленные на создание систем и устройств, основанных на принципах квантовой механики. Практическое применение квантовых технологий включает в себя использование квантовых компьютеров, квантовой криптографии, атомных стандартов частоты и ряда других приложений.

Активные работы в этой области проводятся как за рубежом, так и в России, где до недавнего времени не было единой программы повышения эффективности проводимых исследований за счет:

- координации и исключения дублирования работ, проводимых отдельными отечественными научными коллективами;
- уточнения требований к основным прикладным результатам, запланированным к получению в итоге реализации комплекса исследований;
- консолидации ресурсов основных государственных заказчиков работ.

Фондом перспективных исследований подготовлен проект дорожной карты, рассчитанной на получение в среднесрочной и долгосрочной перспективе практически значимых результатов мирового и опережающего уровня в квантовых вычислениях и квантовых коммуникациях, включая квантовую криптографию и технологии синхронизации распределенных информационных систем.

В дорожной карте сформулированы ожидаемые характеристики создаваемых средств и технологий, а также намечены пути их реализации с учетом современного состояния науки и техники в этой области в России и общемировых тенденций. Обсуждение проекта дорожной карты в профессиональном сообществе должно способствовать повышению ее качества и эффективности реализации.

Состояние и перспективы развития сверхпроводниковой электроники: быстрая одноквантовая логика

Гудков А.Л. — НИИФП им. Ф.В. Лукина; Кленов Н.В., Соловьев И.И. — НИИЯФ МГУ

В условиях постоянного роста количества информационных каналов и объемов обрабатываемой информации становятся все более очевидными ограничения традиционной полупроводниковой электроники. Возникшие проблемы при создании информационно-вычислительных систем требуют использования альтернативной элементной базы, позволяющей значительно улучшить частотные и энергетические характеристики электронных устройств.

Одним из радикальных решений является переход к сверхпроводниковой электронике на основе эффекта Джозефсона и квантования магнитного потока. Разработанная технология формирования воспроизводимых и высококачественных джозефсоновских переходов и развитые схемотехнические решения на основе быстрой одноквантовой (БОК или RSFQ) логики позволяют вместе создавать как высоколинейные аналого-цифровые преобразователи для прямой оцифровки сигнала гигагерцевого диапазона, так и сверхбыстрые цифровые логические схемы для обработки поступившей информации в одном криогенном пакете.

Если отдельный джозефсоновский переход можно рассматривать как нелинейный активный элемент (диод), то простейший сверхпроводящий контур с двумя переходами (СКВИД постоянного тока или ПТ СКВИД) будет выступать аналогом транзистора — нелинейным элементом с магнитным управлением. Битом информации в логических устройствах на основе таких «транзисторов» будет наличие/отсутствие одного кванта магнитного потока в сверхпроводящем контуре, содержащем джозефсоновские переходы. Несколько соединенных параллельно джозефсоновских переходов образуют джозефсоновскую передающую линию, по которой можно передавать бит информации за счет силы Лоренца. Сверхпроводники дают уникальную возможность передавать пикосекундные волновые пакеты без искажения и со скоростью, близкой к скорости света (в отличие от полупроводников здесь нет RC-задержек «на перезарядку»).

Создание сверхпроводниковых интегральных схем (СПИС) на основе БОК-логики открывает дорогу к телекоммуникационным системам нового поколения. Архитектура БОК-электроники, на основе которой уже создан полностью цифровой радиоприемник с объединением функций приема и обработки информации, позволяет перейти к реализации концепции программно-определяемых радиосистем (Software-defined radio, SDR) — радиотелекоммуникационных систем, которые могут быть настроены на произвольную полосу частот в диапазоне от нуля до сотен гигагерц.

Последние достижения в области сверхпроводниковой электроники открыли прямой путь к созданию энергоэффективных вычислительных систем. Первое из достижений относится к замене в схемах БОК-логики резисторов питания на джозефсоновские переходы (переход от RSFQ-логики к энергоэффективной eSFQ-логике), что полностью исключает в СПИС стационарную рассеиваемую мощность. Второе достижение относится к разработке джозефсоновских переходов типа SFS, что гарантирует решение проблемы создания энергоэффективной и энергонезависимой сверхпроводниковой памяти.

В докладе представлены примеры СПИС на основе БОК-логики и рассмотрены функциональные схемы.

От систем с жидкостным охлаждением до решений с массовым параллелизмом: первый проект на Xeon E5-2600 v3

Московский А.А. — «РСК Технологии»

Технологии для высокоэффективных процессов электронной литографии

Быков В.А., Быков Ал.В., Быков Ан.В., Котов В.В., Поляков В.В. — «НТ-МДТ», «Нанотех-Актив», НИИФП им. Ф.В. Лукина; Борисов К.Ю., Шиллер В.А. — МФТИ, «НИИМА "Прогресс"», НТЦ «МОДУЛЬ»

Потребность в удешевлении технологий малосерийных производств, а также в снижении стоимости фото- и рентгеношаблонов инициировала ряд проектов, направленных на разработку высокопроизводительных систем электронной литографии. Компания MapperLithography (Нидерланды) предприняла попытку создания многолучевой электронно-литографической системы высокой производительности с перспективой управления электронными пучками, работающими параллельно, число которых может достигать 13 тыс. Каждый луч может быть выведен в заданный момент из процесса экспонирования. В 2011 году был изготовлен опытный образец 110-лучевой системы, который был инсталлирован в TSMC, а сейчас испытывается 1200-лучевая электронно-литографическая система, представляющая большой интерес, но и имеющая ряд проблем.

Альтернативным вариантом системы высокоэффективной системы электронной литографии является создание электронного литографа, имеющего не одну, как обычно, а матрицу миниатюрных электронно-литографических колонн. При этом возможна реализация векторного сканирования, повышающего эффективность экспонирования по сравнению с построчным сканированием в 1/Кзаполнения раз, что составляет порядок при коэффициенте заполнения 10% в случае, если время срабатывания бланкера сделать не более одной наносекунды. Кроме того, возможна предварительная визуализации объекта экспонирования, что существенно облегчает и делает предсказуемым процесс многократного экспонирования, необходимый для реализации бесшаблонных процессов изготовления СБИС.

Реализация литографического процесса требует использования целого ряда модулей:

- модули нанесения резистов (позитивных резистов на основе полимерных материалов, которые формируются, как правило, центрифугированием в условиях контролируемой атмосферы, и негативных резистов, наносить и проявлять которые можно «сухими» методами в условиях высокого вакуума);
- модули плазменного травления;
- модули очистки;
- загрузочные модули;
- аналитические модули электронной, атомно-силовой микроскопии, обеспечивающие эффективный процесс отработки и контроля литографических процессов, процессов проявления и травления.

Такой кластер бесшаблонной электронной литографии может стать основой технологических линий разработок и мелкосерийного производства СБИС нанoeлектроники и разрабатывается сегодня по проекту Фонда перспективных исследований. Использование данного кластера позволит убрать из классического процесса литографии этап создания фотошаблонов, что значительно ускорит и удешевит проектирование микросхем и может обеспечить рентабельность мелкосерийного производства СБИС.

Высокопроизводительные решения от компании IBM

Сысоев А.В. — IBM Russia & CIS

В докладе представлен обзор передовых решений компании IBM, специально спроектированных для высокопроизводительных вычислений: вычислительные системы, системы хранения, параллельные файловые системы, специализированное ПО для эффективного управления суперкомпьютерами и поддерживающей их инфраструктуры.

Отечественные разработки в области суперкомпьютерных технологий

Изгалин С.П., Михеев В.А., Симонов А.С. — НИЦЭВТ, концерн «Вега»

Одной из ключевых задач построения суперкомпьютеров традиционно является разработка высокоскоростной коммуникационной сети, способной эффективно объединять тысячи вычислительных узлов, обеспечивая высокую пропускную способность и низкую задержку передачи сообщений. Часто именно характеристики коммуникационной сети являются наиболее существенными факторами, определяющими производительность системы при решении той или иной задачи. Отличительной особенностью суперкомпьютеров в сравнении с простыми распределенными системами, например гридами, является способность достигать высокой производительности на задачах, время решения которых сильно зависит именно от эффективности выполнения коммуникационных обменов (задачи communication-bound). Вместе с тем область использования суперкомпьютеров обычно включает задачи стратегической важности, поэтому сеть как базовая составляющая суперкомпьютера является технологией, попадающей под жесткий экспортный контроль, поэтому многие государства (США, Япония, Китай, страны Евросоюза) ведут собственные разработки высокоскоростных сетей.

Доклад посвящен суперкомпьютерным разработкам ОАО «НИЦЭВТ», результатам, полученным в рамках проекта разработки высокоскоростной сети «Ангара», а также содержит данные оценочного тестирования коммуникационных адаптеров этой сети.



Достижение экзафлопсного уровня производительности потребует применения MIMD- и SIMD-вычислений, реализуемых гибридными системами. Процессорные элементы в таких системах содержат универсальные процессоры (MIMD) и арифметические ускорители (SIMD). Применение SIMD-компонентов позволяет гибридной системе при определенных условиях достигнуть экзафлопсной производительности, потребляя 10–20 МВт, а для системы MIMD для этого потребуется не менее 100 МВт. При этом количество ядер универсальных процессоров и ускорителей составит 10^{**7} и 10^{**8} соответственно.

Для эффективного применения гибридных систем потребуется создать принципиально новое прикладное ПО и средства архитектурного масштабирования, работающие на разных уровнях параллелизма (процессорные элементы, вычислительные модули).

В докладе рассматриваются следующие средства архитектурного масштабирования эффективности: реконфигурация структуры процессорных элементов, декомпозиция процессов на подпроцессы в соответствии с особенностями вычислителей, размещение подпроцессов для минимизации длительностей обменов, топологическое резервирование. Приводятся оценки показателей ускорения производительности гибридных систем и значений параметров надежности, достигаемых применением обсуждаемых средств.

Стратегия Intel для движения к Exascale

Месмер Н.С. — Intel

Российские суперкомпьютерные технологии «Эльбрус»

Ким А.К., Бычков И.Н., Волконский В.Ю., Воробушков В.В., Груздов Ф.А., Михайлов М.С., Нейман-заде М.И., Семенихин С.В., Слесарев М.В., Фельдман В.М. — ИНЭУМ им. И. С. Брука

Технологии, созданные при разработке многоядерных микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» и интегрированного с ними системного программного обеспечения, постоянно совершенствуются и не уступают ряду зарубежных аналогов. Явный параллелизм операций с возможностью одновременного запуска на исполнение свыше 40 операций за такт поддерживается оптимизирующим компилятором, выполняющим автоматическую векторизацию (использование операций над короткими векторами) и оптимальное планирование всех операций. Такие методы достижения высокой производительности вычислений внутри процессорного ядра признаны наиболее эффективными, существенно превышающими возможности традиционных суперскалярных архитектур. Не случайно в суперскалярную архитектуру Sparc64, начиная с версии VIIIfx этой линейки микропроцессоров Fujitsu, были введены специальные расширения системы команд, позволяющие использовать явный параллелизм операций для значительного повышения производительности.

Технология достижения совместимости с x86/x86-64 базируется на аппаратной поддержке оптимизирующей двоичной трансляции в команды архитектуры «Эльбрус». Аналогичная технология находит применение также в микропроцессоре Nvidia Denver с архитектурой ARM v.8, который предполагается использовать в том числе в энергоэффективных суперкомпьютерах. Аппаратно-программные методы архитектуры «Эльбрус» для обеспечения защищенного исполнения программ не имеют аналогов в мире и являются мощным средством нейтрализации всевозможных угроз.

На базе уже существующих и разрабатываемых поколений микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» создаются дополненные контроллерами, каналами обмена и программным обеспе-

чением модули, используемые для создания полностью российских суперкомпьютерных систем в диапазоне от терафлопсной до экзафлопсной производительности.

Системы HP Apollo для высокопроизводительных вычислений

Елагин В.В. — HP

Современную экономику невозможно представить без суперкомпьютеров: наука, образование, мультимедиа, промышленность, финансы, государственные структуры — везде требуются высокая производительность, эффективность и доступность конфигураций, применяемых для решения ключевых задач данных отраслей. Вместе с тем критическими факторами являются также энергосбережение, надежное охлаждение, оптимизация помещений и управляемость. Летом 2014 года компания HP анонсировала новое семейство продуктов Apollo, специально разработанное для высокопроизводительных вычислений.

Семейство состоит из двух продуктовых линеек с разными типами охлаждения:

- Apollo 6000 — воздушное,
- Apollo 8000 — жидкостное.

Конструктив Apollo — это стойка серверов ProLiant XL220a G8 v2 (два однопроцессорных узла) и XL230a G9 (один двухпроцессорный узел), обеспечивающая возможность максимально эффективного размещения и получения экономии капитальных и эксплуатационных затрат.

Отличительная особенность Apollo — возможность выбора интерконнекта в зависимости от рабочей нагрузки (Infiniband (QDR, FDR), 10 Гбит или Ethernet 1 Гбит); полка питания, поддерживающая до трех шасси a6000; совместимость с Advanced Power Manager (устройство управления питанием масштаба стойки). На ИТ-оборудовании нет разъемов для жидкости — тепло внутри лотка передается от компонентов с помощью запаянных тепловых трубок, что позволяет обеспечить сухое отключение серверов и делает обслуживание системы с жидкостным охлаждением таким же простым, как и с воздушным.

Производительность Apollo 8000 составляет 250 TFLOPS на стойку, при этом показатель TFLOPS/Вт на 40% больше по сравнению с системами на воздушном охлаждении, а энергопотребление на 28% ниже. Одновременно существенно упростилась инфраструктура системы, которая стала более доступна пользователям и проще в управлении. В докладе обсуждаются основные конструктивные особенности системы Apollo, позволившие получить высокие показатели производительности.

Профессиональное сообщество специалистов по инновационным суперкомпьютерным технологиям

Воеводин В.В. — НИВЦ МГУ; Волков Д.В. — «Открытые системы»; Вольфенгаген В.Э. — МИФИ, МФТИ; Горбунов В.С., Корнеев В.В., Эйсмант Л.К. — НИИ «Квант»; Забеднов П.В. — «Внештехника»; Заборовский В.С. — СПбГПУ; Левшин И.В. — «Суперкомпьютеры»; Михеев В.А., Изгалин С.П. — НИЦЭВТ

Проанализировав опыт подготовки и проведения форумов МСКФ, специалисты ведущих отечественных организаций, работающих в области инновационных суперкомпьютерных технологий (СКТ), предложили в порядке личной инициативы открытый проект «Профессиональное сообщество специалистов по инновационным суперкомпьютерным технологиям». Проект

направлен на создание структуры, объединяющей исследовательские и учебные группы, а также отдельных специалистов, работающих в области СКТ.

Задачи сообщества:

- объективная независимая оценка текущего состояния и перспектив развития зарубежных и отечественных инновационных СКТ, в первую очередь предусматривающая тщательную информационно-аналитическую работу и сопровождение экспериментальной базы по оценочному тестированию изделий новой вычислительной техники;
- расширение знаний и системы подготовки отечественных специалистов по инновационным СКТ, организация взаимодействия отечественных и зарубежных специалистов по инновационным СКТ;
- организация подготовки молодых специалистов в области инновационных СКТ, выработка соответствующих рекомендаций по содержанию программ подготовки квалифицированных кадров;
- подготовка для федеральных ведомств информационно-аналитических материалов, прогнозов развития и рекомендаций по разработке национальных программ и тематик проектов в сфере СКТ;
- консультационная поддержка проектов в области инновационных СКТ с целью повышения их качества для представления на федеральные конкурсы и формирования рекомендаций по их выполнению.

В обсуждении открытого проекта сообщества на данный момент принимают участие специалисты следующих организаций: НИИ «Квант», ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, ИПС РАН, ИСП им. А.К. Айламазяна РАН, НИЦЭВТ, НИИ ФП им. Ф.В. Лукина, ВО«Внештехника», МГУ им. М.В. Ломоносова, НИЯУ МИФИ, СПбГПУ, а также научные редколлегии журналов «Открытые системы. СУБД» и «Суперкомпьютеры».



Защищенная гетерогенная облачная платформа для научных вычислений

Заборовский В.С., Лукашин А.А. — СПбГТУ

Уже в ближайшее время ожидается появление мощных и прочных искусственных физических устройств, обладающих гибкостью, эластичностью и чувствительностью, характерной для живых организмов. Такие устройства будут способны воспринимать, хранить и передавать информацию об окружающей среде. Носителями такой информации могут быть различные физические сигналы, с помощью которых кодируются и воспринимаются встроенными вычислителями понятия и данные, используемые в рамках выбранной схемы концептуализации реальности. Передача информации осуществляется как между различными физическими объектами, так и между объектами и человеком-оператором. Среди объектов будут исполнительные и интеллектуальные объекты, обладающие знаниями и данными, необходимыми для достижения поставленных целей. Поиск необходимой информации для реализации выбранной стратегии — важный этап функционирования коллектива роботов. Применение теории равновесных случайных процессов позволяет описать обмен информацией между роботами по аналогии с правилами биржевой торговли. Киберфизические модели могут применяться для оптимального выбора структуры системы связи и обработки информации, используемой для:

- координации роботов, входящих в целевую группировку;
- формирования сети операций для роботов, участвующих в достижении целевых условий, контролируемых человеком-оператором;
- навигации роботов в условиях пространственно-временной неопределенности и требований минимизации рисков возникновения необратимых ситуаций.

Для формализации задачи управления группировками роботов требуются новые классы «открытых» моделей, учитывающих как физические так и информационные аспекты взаимодействия объектов, наделенных сенсорными и вычислительными ресурсами. Для взаимодействия между собой и учета изменений, происходящих во внешней среде, связь между объектами группировки приобретает форму мультисканальных потоков данных, необходимых для организации адаптивных алгоритмов вычислений и обработки информации. Концептуальное различие между замкнутыми и открытыми системами требует использования новых методов описания реальности, в которых учитываются характеристики информационных процессов, порождаемых при функционировании физических объектов, доступных для наблюдения, обработки и передачи через компьютерные сети связи.

В докладе описывается структура киберфизической системы управления роботом с борта пилотируемой орбитальной станции. Особенностью предложенного решения является использование двухконтурной системы, в которой робот и задающий манипулятор со своими контурами управления связаны сетевым каналом с пакетной коммутацией, вносящим переменную дискретность и задержки доставки информации. Применение силомоментного оцувствления позволяет оператору ощущать не только состояние управляемого устройства, но и получать информацию о канале передачи данных, сигнализирующую об опасности дальнейшего управления. Предложены метод управления и архитектура программного обеспечения для реализации проекта. В качестве операционной системы для сетевых узлов выбрана ОС Free RTOS, позволяющая обеспечить высокую частоту циклов в локальных контурах управления и реализовать сетевое интерактивное взаимодействие оператора с роботом.

Работа подготовлена в рамках гранта РФФИ № 13-07-12106.

Программирование приложений массивно-параллельных баз данных

Кузнецов С.Д. — ИСП РАН

В сообществе баз данных принято считать, что горизонтальную масштабируемость параллельных серверов баз данных может обеспечить только архитектура shared nothing с разделением данных по узлам системы — оптимизатор декомпозирует запрос на части, обрабатываемые параллельно. Однако возникает вопрос: как обеспечить параллельное выполнение процедур и функций, определяемых пользователями? На помощь приходит технология MapReduce, особенностям использования которой на суперкомпьютерных архитектурах с массовым параллелизмом и посвящен доклад.

Проект МГВС моделирования экзафлопсного суперкомпьютера

Корнеев В.В. — НИИ «Квант»

Разработка проекта МГВС предусмотрена программой «Создание вычислительной системы для моделирования суперкомпьютера с производительностью экзафлопсного уровня» Российской академии наук.

Главная цель проекта состоит в решении следующих задач:

- создание моделирующей гибридной вычислительной системы (МГВС) для разработки имитационных и эмуляционных моделей высокопроизводительных систем новационной архитектуры;
- создание моделей наиболее характерных вариантов суперкомпьютеров со сверхвысоким уровнем распараллеливания вычислений в рамках работ по созданию в России вычислительных систем экзафлопсной производительности;
- разработка моделей и средств программирования суперкомпьютеров со сверхвысоким уровнем распараллеливания вычислений, а также систем поддержки времени исполнения таких программ (run-time systems).

Предметом исследований в МГВС являются реализуемые в архитектуре и программах экзафлопсных суперкомпьютеров модели организации вычислений и памяти, в которых применяются следующие подходы:

- массовая однородная и неоднородная по объему (зернистости) и типу выполняемых операций мультитредовость;
- выделение в приложениях асинхронных процессов доступа к данным и вычислительных процессов;
- статическое и динамическое распараллеливание приложений;
- иерархическая организация глобально адресуемой памяти;
- мелкозернистая синхронизация параллельных процессов на элементах памяти;
- адаптивная локализация данных и вычислений на уровнях иерархии;
- ориентированная на приложения специализация;
- применение функциональных, непроцедурных и потоковых моделей организации программ для выражения на уровне пользователя параллелизма выполнения программ.

Применяемый метод исследований — разработка и исследование моделей суперкомпьютеров с помощью моделирующей гибридной вычислительной системы с ускорительными блоками на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) и специального программного обеспечения. В проекте исследуются две основные модели:

- В-1 — модель на легких ядрах, ориентированная на реализацию в ПЛИС узлов суперкомпьютера целиком, включая использование однородных легких ядер для скрытия латентности доступа в память и устройств обработки синхронных тредов для обеспечения высокоэффективных вычислений;
- В-2 — модель на гибридных ядрах, соответствующая архитектуре экзафлопсного суперкомпьютера на базе легких и тяжелых ядер и асинхронных моделей вычислений. Легкие мультитредовые ядра для доступа к данным и обеспечения высокой толерантности к задержкам обращений к памяти реализуются в В-2 универсальными процессорами, а тяжелые ядра, предназначенные для выполнения интенсивных вычислений, реализуются в ПЛИС либо в виде мультитредовых ядер с архитектурой VLIW или EPIC, либо ядер в виде настраиваемых решающих полей или клеточных автоматов, либо ядер в виде специализированных блоков.

В докладе подробно рассмотрена модель В-1 и приводятся первые результаты.

Проблемы адаптации приложений для гетерогенных суперкомпьютеров на примере задачи механики сплошных сред

Аветисян А.И., Момаков А.В. — ИСП РАН

Все чаще при организации высокопроизводительных вычислений для повышения производительности и энергоэффективности расчетов многоядерные процессоры дополняются графическими ускорителями. Благодаря специализированной массивно-параллельной архитектуре такие ускорители позволяют повысить эффективность решения некоторых классов задач. Однако, для того чтобы эффективно использовать такие платформы для выполнения существующих приложений, могут потребоваться изменения в реализации на нескольких уровнях. В докладе рассматривается задача использования ускорителей при выполнении открытого пакета для задач вычислительной гидродинамики — OpenFOAM. В первую очередь ставится задача переноса итерационных методов решения линейных систем на ускорители. В докладе обсуждается опыт реализации метода сопряженных градиентов на GPU, требующей определения формата данных для разреженных матриц, минимизации накладных расходов на коммуникации с GPU и распараллеливания для нескольких акселераторов.

Программные средства для проведения расчета (библиотеки libjms и libfeedback)

Лобанов П.С. — РФЯЦ-ВНИИЭФ

В докладе представлен обзор системных библиотек, используемых в комплексах инженерного анализа ИТМФ РФЯЦ-ВНИИЭФ для проведения математических расчетов. Библиотека libjms представляет унифицированный пользовательский интерфейс на C++, позволяющий подготовить рабочий каталог и пользовательское окружение для расчета и запуска задания как локально, так и удаленно через установленные системы запуска (JAM или SLURM). В библиотеке libfeedback содержатся инструменты контроля процесса проведения расчета.

Виртуальный суперкомпьютер

Богданов А.В. — СПбГУ

Иметь в своем распоряжении всю необходимую вычислительную мощность — мечта многих поколений программистов, которая, несмотря на множество попыток, еще далека от воплощения. Метакомпьютинг был слишком требователен к ресурсам, чтобы работать на единственного пользователя, а грид был так изолирован от пользователя, что не позволял реально управлять распределенной системой. Облако — очередная попытка реализации мечты программистов, которая, казалось бы, позволяет построить частный суперкомпьютер при условии тщательного выбора и комбинирования компонентов.

В докладе обсуждается возможность использования частного облака для организации ресурсов, предназначенных для решения комплексных задач. Предлагаются принципы такой организации и обсуждаются требования к связующему ПО, позволяющему консолидировать ресурсы и обеспечить эффективную балансировку нагрузки. Приведенные данные экспериментов показывают, что необходимое ускорение достигается только с использованием виртуальной общей памяти и виртуальной файловой системы. Кроме этого, требуется консолидация данных в соответствии с ограниченным принципом консолидации. Для реализации виртуального суперкомпьютера в докладе предлагается набор соответствующих инструментов и приводятся сведения о его важных применениях. Утверждается, что реализация различных задач нуждается в различных способах организации облака, что возможно только для гибридных облаков.

Опыт реализации текстурного компрессора на гетерогенных высокопроизводительных системах

Палташев Т.Т., Перминов И.В. — Университет ИТМО (Санкт-Петербург)

Традиционный подход к взаимодействию CPU и GPU имеет ряд ограничений, диктуемых существующей традиционной компьютерной архитектурой и системным ПО. Например, CPU и GPU имеют разные адресные пространства и, в большинстве случаев, отдельную память, поэтому приложение должно явным образом копировать данные в память GPU и обратно в основную память компьютера. Отправка вычислительного задания в очередь исполнения устройства осуществляется через стек драйверов с использованием системных вызовов и ядра операционной системы, что вносит большую задержку и зачастую делает нецелесообразным выполнение маленьких заданий на отдельном ускорителе.

Гетерогенные архитектуры, объединяющие процессоры различных типов в рамках одной системы, пытаются решать подобные проблемы. Одним из решений является гетерогенная архитектура HSA (Heterogeneous System Architecture), разрабатываемая некоммерческим фондом HSA Foundation, объединяющим такие компании, как ARM, AMD, Imagination Technologies, MediaTek, Texas Instruments, Samsung Electronics и Qualcomm. Первые гибридные системы, реализующие спецификацию HSA, доступны в виде процессоров семейства AMD Kaveri, а появление программной платформы и средств разработки ожидается в 2015 году.

В докладе проводится обзор платформы HSA и рассматриваются ключевые особенности, обеспечивающие рост производительности и упрощающие решение прикладных задач. Кроме этого, приводятся экспериментальные результаты реализации алгоритма компрессии текстур формата ASTC с использованием программной платформы OpenCL-HSA.

Языки высокого уровня для гибридных высокопроизводительных систем с ускорителями

Крюков В.А., Бахтин В.А., Притула М.Н., Колганов А.С. — ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Будущее высокопроизводительных компьютерных технологий связано с массивным параллелизмом и гетерогенностью — сегодня создаются процессоры, содержащие все большее количество ядер. Вместе с тем жесткие ограничения по энергопотреблению приводят к тому, что основные вычислительные мощности обеспечиваются многоядерными GPU-ускорителями специфичной архитектуры, адаптация программного обеспечения к которой является сложной наукоёмкой задачей. Разрыв между существующим программным обеспечением и возможностями новых суперкомпьютеров носит сегодня принципиальный характер и является одной из главных проблем на пути эффективного использования компьютерных систем в научных исследованиях.

Разработанная в ИПМ высокоуровневая модель параллельного программирования DVMH (DVM for Heterogeneous systems) упрощает разработку параллельных программ для систем с гетерогенными узлами, использующих в качестве ускорителей графические процессоры.

В докладе рассмотрены основные возможности языков Fortran DVMH и Си-DVMH, представлены данные об эффективности разработанных параллельных программ при решении задач гидродинамики, электроники и лазерной наноиндустрии, а также при выполнении тестов NAS NPB.

Обеспечение высокой доступности массивно-параллельных файловых систем

Платонов С.М. — RAIDIX

Системы хранения данных в инфраструктуре суперкомпьютера обычно содержат сотни узлов, объединяющих тысячи накопителей, поэтому обеспечение высокого уровня доступности данных в системах, включающих несколько распределенных систем хранения, оказывается сложной технической задачей. Компания RAIDIX совместно с СПбГУ предлагает новый подход к кодированию данных и способы его реализации, обеспечивающие высокую доступность таких массивно-параллельных файловых систем, как Lustre. Доступность достигается за счет дублирования всех сетевых связей и обеспечения автоматизированного перемонтирования при отказе узла. Решения класса Cluster-in-the-Box позволяют выполнять монтирование локально, снижая задержки операций ввода-вывода и обеспечивая быстрое переключение сервисов хранения между узлами. Компанией RAIDIX предложена архитектура масштабируемого кластера с автоматизированной балансировкой ресурсов хранения.

Для обеспечения отказоустойчивости сегодня предлагаются две схемы: Shared Disk и Shared Nothing, использующие функции репликации данных между узлами, приводящие к снижению производительности записи и значительному увеличению стоимости решения. Для обеспечения отказоустойчивости используется помехоустойчивое кодирование например, с использованием кодов Рида — Соломона, обеспечивающих высокий уровень доступности. С другой стороны, помехоустойчивое кодирование требует выполнения сложных вычислительных операций, таких как умножение и деление в конечных полях и большое количество передаваемых данных между узлами при восстановлении. Для снижения «стоимости восстановления» применяются итеративные и каскадные схемы кодирования. В докладе проведено подробное сравнение подобных схем.

Перспективные задачи корабельной гидродинамики: решения и ресурсы

Лобачев М.П. — Крыловский государственный научный центр

Сегодня при решении задач корабельной гидродинамики наметилась тенденция активного использования численных методов и применения суперкомпьютеров — происходит замещение экспериментальных исследований численными и дополнение эксперимента расчетом. Все это обусловлено увеличением сложности задач, которые требуется решать при проектировании новых объектов морской техники.

Основное преимущество численного эксперимента — это получение существенно большего объема информации о моделируемых явлениях, чем это возможно при проведении физического эксперимента.

На первый план выходит динамический анализ локальных событий и явлений, а не только получение информации об интегральных характеристиках объекта. Весьма важным также оказывается изучение влияния локальных особенностей геометрии объектов на локальные характеристики. Однако решение всех этих задач требует больших вычислительных ресурсов. В докладе приводятся примеры регулярно решаемых сегодня уникальных для судостроения задач, задач, которые на доступных компьютерах решаются только в упрощенной постановке, а также задач, требующих для своего решения высокопроизводительной вычислительной техники. Анализируются особенности программного обеспечения и конфигурации оборудования, а также правовые и стоимостные аспекты, влияющие на возможность использования суперкомпьютеров для решения практических задач проектирования объектов морской техники.

Моделирование на гибридных суперкомпьютерах сверхзвуковых потоков и ударных волн за крылом

Давыдов А.А., Луцкий А.Е. — ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

В докладе приводятся результаты работы по проведению численного моделирования взаимодействия следа за крылом объекта с системой ударных волн, образованной парой клиньев. Постановка задачи взята из эксперимента, проводимого в ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН.

Для качественного сравнения результатов моделирования с экспериментом требовалось провести серию расчетов с различными углами атаки генератора вихря и клиньев, генерирующих ударные волны, что потребовало значительных ресурсов, которые были получены на гибридной вычислительной системе К-100 при помощи программного комплекса Express-3D. Расчетная сетка для каждого варианта состояла из 19 млн ячеек.

Большое внимание в работе было уделено эффективности параллельной реализации с использованием гибридной конфигурации с сегментами CPU и GPU, работающими в разных режимах.

Особое внимание в докладе уделяется особенностям реализации программного комплекса.

Проблемы сопровождения больших суперкомпьютерных центров

Соболев С.И., Стефанов К.С., Жуматий С.А., Никитенко Д.А., Сидоров И.Ю. — НИВЦ МГУ

По мере роста масштабов суперкомпьютеров усложняется задача обеспечения их бесперебойной и эффективной работы, требующая одновременного учета множества факторов. Администраторам суперкомпьютерных комплексов сегодня приходится на основе данных мониторинга обнаруживать и обеспечивать реагирование на нештатные ситуации, анализировать эффективность работы отдельных программ и потока заданий в целом, организовывать визуализацию данных по различным аспектам функционирования суперкомпьютера, а также заниматься регистрацией и поддержкой пользователей. Каждый из этих аспектов должен учитывать особенности, присущие конкретному высокопроизводительному комплексу, масштабы которого привносят дополнительные трудности в процессы управления. В докладе обсуждаются вопросы поддержки систем управления суперкомпьютерами и проблемы, возникающие при масштабировании соответствующих систем.

Суперкомпьютерные технологии для предотвращения угрозы наводнений

Бухановский А.В. — Университет ИТМО (Санкт-Петербург)

Одним из приложений суперкомпьютерных технологий являются критические системы предсказательного моделирования чрезвычайных ситуаций — в частности, нагонных наводнений и их последствий. На территории России наиболее часто сильные штормовые нагоны возникают в восточной части Финского залива (Санкт-Петербург), и для обеспечения безопасности города построен комплекс защитных сооружений (КЗС). Для решения задачи управления КЗС выполняется оперативное прогнозирование наводнений в Финском заливе, на основе результатов которого формируется план маневрирования (закрытия и открытия) затворами КЗС, предотвращающий наводнение.

Для прогнозирования используется комплекс гидродинамических моделей: спектральная непараметрическая модель морского волнения, двух- и трехмерные модели динамики уровня и течений Балтийского моря на системе вложенных сеток, а также вероятностные модели изменчивости уровня воды в Финском заливе.

Методы прогнозирования наводнений сами по себе весьма ресурсоемки, а их адаптация к задачам КЗС порождает дополнительные источники неоднородности вычислений, обусловленные следующими процедурами:

- построение результирующих прогнозов на основе мультимодельного ансамбля, в котором каждый из членов требует специфических вычислений;
- решение не только прямой, но и обратной задачи — оптимизации планов маневрирования затворами КЗС, что требует параллельного рассмотрения различных сценариев развития наводнения и работы комплекса;
- использование технологий учета и адаптации входных данных, включая, например, данные метеорологических прогнозов, граничные условия и параметры работы моделей, обработка которых в ряде случаев оказывается более ресурсоемкой, чем собственно задача прогнозирования;
- оценка неопределенности прогнозов и мер противодействия угрозе наводнения с целью определения рисков при принятии тех или иных решений, что связано с необходимостью моделирования распределения возможных вариантов.

Для вычислительной поддержки задачи предотвращения угрозы наводнений реализована двухуровневая схема, позволяющая минимизировать объем оперативных вычислений за счет использования предварительно рассчитанных данных, характеризующих статистический ансамбль наводненческих ситуаций, постоянно обновляемый в ходе работы КЗС. Такая схема реализована на основе высокопроизводительной облачной платформы CLAVIRE, объединяющей суперкомпьютерные ресурсы, источники данных (в том числе оперативного использования) и средства интерпретации результатов расчетов (включая систему виртуальной реальности и интерактивные столы). В докладе представлены примеры практического использования данной технологии.

Высокопроизводительные системы для финансовых расчетов

Кузьминский М.Б. — Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН; Попов В.Ю. — Финансовый университет при правительстве РФ

Суперкомпьютерные системы начали применяться для финансовых вычислений относительно давно — например, фонд Merrill Mortgage Capital в 1992 году предоставил пользователям доступ к компьютеру Intel iPSC/860 с архитектурой гиперкуба. Индустрия финансовых услуг открывает большие возможности для применения высокопроизводительных вычислений в таких областях, как: торговля; управление рисками; анализ ценных бумаг и производных финансовых инструментов; финансовая, деловая и экономическая аналитика и др. И этому есть ряд причин.

Типичные портфели ценных бумаг, например рассчитываемых по методу Блэка — Шоулза, имеют размерность до 10 тыс., и соответствующие расчеты должны выполняться на узлах с производительностью, обеспечивающей возможность высокочастотной торговли ценными бумагами в реальном времени. Данная ситуация наблюдается как в крупных финансовых организациях типа банка JP Morgan, где речь идет о расчете набора опционов в количестве десятка миллионов экземпляров, так и в организациях поменьше, например в Bloomberg. Благодаря применению в JP Morgan системы из 1000 узлов на базе GPU, удалось сократить время расчета рисков с нескольких часов до нескольких минут. Вместе с тем особенностью финансовых расчетов является почти идеальное распараллеливание, когда речь идет о большом наборе независимых расчетов, например для разных ценных бумаг, поэтому здесь возможно применение распределенных вычислений на базе «виртуального суперкомпьютера», реализованного на физическом кластере слабосвязанных гетерогенных компьютеров. Например, для расчета большого количества американских опционов на кластере с 64 процессорами с последовательным расчетом потребовалось 62 дня, а с параллельным (MPI) — около суток. В докладе представлен анализ применения высокопроизводительных компьютерных вычислений в финансовой области.

Суперкомпьютерное образование в России

Попова Н.Н., Антонов А.С. — МГУ им. М.В. Ломоносова

Доклад посвящен обсуждению актуальных задач, связанных с подготовкой специалистов в области суперкомпьютерных технологий, суперкомпьютерного моделирования и обработки данных большого объема с использованием высокопроизводительных систем. Дается обзор основных направлений, по которым сегодня проводится подготовка специалистов и определены новые направления и задачи, требующие своего решения в период перехода к системам

эксафлопсной производительности. Кроме этого, в докладе представлены результаты выполнения проекта комиссии при президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России «Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения» за 2010–2012 годы. Возможные пути реализации поставленных задач подготовки кадров демонстрируются на примере учебных программ, реализуемых в МГУ. Подробно рассматривается опыт проведения ежегодной летней суперкомпьютерной академии как формы дополнительного образования, способствующей более широкому распространению суперкомпьютерных технологий, их внедрению в различные области научных исследований и промышленных разработок.

Международные рекомендации по разработке учебных планов в области суперкомпьютерных технологий

Гергель В.П. — ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Решительный переход компьютерной индустрии на многоядерные «рельсы», когда в рамках единой суперкомпьютерной системы могут использоваться сотни тысяч (а в случае экзафлопных систем — миллиарды) вычислительных ядер, требует столь же радикальных перемен и в области программного обеспечения. Задействовать колоссальный вычислительный потенциал многопроцессорных многоядерных систем можно только при кардинальном «параллельном» обобщении традиционной (последовательной) технологии решения задач. Численные методы в случае многопроцессорности и многоядерности должны проектироваться как системы параллельных и взаимодействующих между собой процессов, допускающих исполнение на независимых вычислительных процессорах (ядрах).

Применяемые алгоритмические языки и системное программное обеспечение должны обеспечивать создание параллельных программ, организовывать синхронизацию и взаимоисключение асинхронных процессов и т. п.

Преодоление проблемы эффективного использования суперкомпьютерных систем и организации высокопроизводительных вычислений требует наличия новых знаний, владения новыми умениями и навыками. Причем этими новыми знаниями и умениями должны обладать не только узкие специалисты — разработчики параллельных программ, но и любые современные специалисты.

В этой связи чрезвычайно важным становится определение совокупного набора (свода) знаний и умений, которые должны быть отнесены к данной предметной области. Такой свод должен быть полным — включать в себя все основные понятия предметной области. Вместе с этим он должен быть достаточно компактным и не содержать излишних технических деталей. И конечно же, свод должен признаваться научно-техническим сообществом. Таким образом, свод должен стать результатом активной деятельности широкого круга профессиональных экспертов.

На данный момент в России и за рубежом наблюдаются следующие активности по определению предметной области суперкомпьютерных технологий:

- свод знаний и умений (свод 1), разработанный в рамках Национальной программы суперкомпьютерного образования, инициированной Суперкомпьютерным консорциумом университетов России;
- рекомендации по составу предметной области параллельных и распределенных вычислений (свод 2), подготовленные ACM и IEEE CS;
- рекомендации по составу предметной области параллельных и распределенных вычислений (свод 3), разработанные в рамках проекта, выполняемого при поддержке NSF (США) и комитета IEEE TCPP.

Все перечисленные своды используют одинаковый подход к определению предметной области:

1. Свод знаний и умений, который должен быть освоен специалистом для успешной профессиональной деятельности, определяется набором отдельных областей знаний, представляющих собой отдельные части определяемой сферы деятельности.
2. Области знаний делятся на разделы, представляющие собой отдельные тематические модули внутри области. Раздел сопровождается указанием на его обязательность или факультативность, а также рекомендуемым объемом учебного времени, необходимым для его изучения.
3. Каждый раздел состоит из набора тем, представляющих собой нижний уровень иерархии в определяемой сфере деятельности.

Подобная структура областей, разделов и тем определяет свод знаний, необходимый для освоения соответствующей сферы деятельности, а не представляет собой перечень учебных курсов. Учебные планы и необходимые учебные курсы разрабатываются далее уже на основе сводов.

В докладе представлена сопоставительная характеристика всех перечисленных проектов по определению предметной области суперкомпьютерных технологий.

Новое поколение распределенных систем обработки Больших Данных в неоднородной компьютерной среде

Климентов А.А., Велихов В.Е. — РНЦ «Курчатовский институт»; Кореньков В.В. — ОИЯИ (Дубна)

Результаты экспериментов в области физики высоких энергий на Большом адронном коллайдере (БАК) в международной лаборатории элементарных частиц (ЦЕРН) составляют десятки петабайт данных в год. Одним из научных прорывов стало открытие средствами БАК новой частицы (бозон Хиггса) двумя самыми большими когда-либо существовавшими в истории научными коллаборациями — CMS и ATLAS, объединяющими около 6 тыс. ученых из более 50 стран.

Для обработки огромных объемов экспериментальных данных в ATLAS и CMS используются гетерогенные компьютерные мощности: грид, коммерческие и национальные облака, а также суперкомпьютеры. Для интеграции всех этих ресурсов были созданы системы распределенной обработки, объединяющие более сотни ЦОД, размещенных по всему миру. Однако для физиков все эти ресурсы выглядят как единый центр с одной очередью исполняемых заданий и суммарным объемом данных 10 в степени 17 байт.

В 2014 году начата новая исследовательская программа по созданию системы обработки данных нового поколения для объединения гетерогенных ресурсов в единое целое. ОИЯИ и РНЦ «Курчатовский институт» играют ведущую роль в проекте, интегрируя суперкомпьютеры с гридом.

В докладе приводятся результаты создания и использования единой распределенной гетерогенной среды обеспечения работы научных приложений, требующих интенсивной обработки данных.

Расчеты задач газовой динамики на гетерогенных системах с массово-параллельными ускорителями различной архитектуры

Горобец А.В. — ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

В докладе обобщается опыт адаптации конечно-объемных CFD-алгоритмов различных типов для их эффективного применения на современных гибридных архитектурах, включая системы с массивно-параллельными ускорителями GPU. Рассматриваемые численные алгоритмы предназначены для моделирования как сжимаемых, так и несжимаемых течений на структурированных и неструктурированных сетках. Численные схемы повышенного порядка аппроксимации на неструктурированных гибридных сетках включают в себя схемы с полиномиальной и квазиодномерной реконструкцией. Для реализации параллельных алгоритмов используется многоуровневый подход, сочетающий различные параллельные модели. На первом уровне используется MPI для объединения узлов суперкомпьютера в рамках модели с распределенной памятью. Распараллеливание по вычислительным ресурсам гетерогенного узла обеспечивается средствами OpenMP и открытого стандарта OpenCL, выбор которого был обусловлен возможностью создания переносимых реализаций для различных типов ускорителей. В докладе демонстрируются подходы к оптимизации вычислений и адаптации к различным архитектурам, представлена методика разработки программного обеспечения для гетерогенных вычислений, приводятся данные о достигаемой фактической производительности и ускорении по сравнению с вычислениями на CPU, дается сравнение эффективности использования различных вычислительных устройств. Кроме этого, приводятся примеры нестационарных расчетов исследовательских задач по моделированию турбулентных течений в условиях внешнего обтекания, а также естественной конвекции.

Параллелизм: принципы, модель, реализация, технология

Любченко В.С. — Александровский завод «РАДИОПРИБОР»

Совершенствование суперкомпьютерных архитектур находится сегодня в большей степени в плоскости развития компонентов SIMD/MIMD, определяющих аппаратное ускорение, однако результирующее быстродействие выполнения программ во многом зависит от распределения вычислений по компонентам системы. Поэтому важно, чтобы формальная модель вычислений и аппаратная архитектура соответствовали друг другу — следование принципам параллельных вычислений, выбор модели параллелизма и ее эффективная реализация, логичная и адекватная реальному параллелизму технология многократно увеличивают эффект от использования параллельных решений.

В докладе рассматриваются принципы, которые должны реализовываться или как минимум учитываться любой моделью параллелизма. Конкретизируется автоматная модель параллельных вычислений, эффективно реализуемая на аппаратном и программном уровнях. Представлена визуально-кубическая технология автоматного типа — простая объектно-ориентированная технология проектирования параллельных приложений. Показано, что модель конечного автомата, которая была в свое время фактически исключена из перечня параллельных моделей, после расширения до сетевой модели становится эффективным инструментом описания и проектирования параллельных приложений. В силу своего «природного» универсализма сетевая автоматная модель может быть основой для создания и/или моделирования любых параллельных моделей.

Модель времени вычислений

Штейнберг Б.Я., Гервич Л.Р., Юрушкин М.В. — ЮФУ

Разработка программы или нового компьютера обычно предваряется прогнозом производительности. Некоторой мерой времени выполнения программы является сложность алгоритма — количество вычислительных операций алгоритма как функция количества входных данных. Развитие вычислительной техники привело к тому, что сегодня, например, выполнение операции умножения на порядок быстрее считывания ее аргументов, хотя еще совсем недавно было наоборот. Таким образом, классическая сложность алгоритма плохо отражает время выполнения программы, и прогнозы времени выполнения программ нуждаются в новых моделях времени выполнения.

В докладе приводятся формулы (модели) времени выполнения для вычислительных систем с распределенной памятью и вычислительной системы с общей иерархической памятью. Даются примеры применения этих формул и численные эксперименты, проверяющие прогнозы, основанные на данных формулах.

Реализация гетерогенного теста HPL с контрольными точками

Липов Д.И. — РЯЦ-ВНИИЭФ

В докладе рассматривается реализация гетерогенной версии теста производительности HPL (High Performance Linpack) — HPL-MAX (HPL Multi Architecture eXtension), разработанного на базе HPL-2.1 (оригинальная версия), HPL-GPU-1.1.0, HPL-CUDA и работающего на гетерогенных системах, используя неравномерное распределение нагрузки между процессами. Тест включает реализацию механизма контрольных точек, позволяющего сохранять промежуточные результаты вычислений и продолжать расчет с сохраненной точки в случае сбоя.

Вычислительная томография и суперкомпьютерные технологии

Гончарский А.В., Романов С.Ю. — НИВЦ МГУ

Сегодня весьма актуальна задача разработки томографических методов исследования и создания томографов в медицине с использованием ультразвуковых методов зондирования, в частности для ранней диагностики рака молочной железы. Вместе с тем томографические методы с волновыми источниками перспективны также в промышленной диагностике и геофизике.

С математической точки зрения рассматриваемые томографические методы сводятся к решению коэффицентных обратных задач для уравнения гиперболического типа. Одной из проблем является сложность возникающих при этом нелинейных трехмерных обратных задач рассеяния ультразвука в неоднородной среде. Эти задачи являются ресурсоемкими (до 10 в степени 15 операций) и требуют использования суперкомпьютеров.

В докладе предлагается алгоритм распараллеливания вычислений при выполнении задач 3D-томографии, а также обеспечения масштабируемости решения. Первые результаты показывают, что данные задачи могут быть решены за разумное время.

Премиум-партнер



Группа компаний «РСК» — ведущий в России и СНГ разработчик и интегратор «полного цикла» суперкомпьютерных решений нового поколения на основе архитектур корпорации Intel и передового жидкостного охлаждения, а также целого ряда собственных ноу-хау. Существующий потенциал компании позволяет: создавать самые энергоэффективные решения с рекордным показателем эффективности использования электроэнергии (PUE), реализовать самую высокую вычислительную плотность в индустрии на базе стандартных процессоров архитектуры x86, использовать полностью «зеленый» дизайн, обеспечить высочайшую надежность решения, полную бесшумность работы вычислительных модулей, 100% совместимость и гарантированную масштабируемость, при этом достигаются беспрецедентно низкая стоимость владения и невысокий уровень энергопотребления. Кроме того, специалисты РСК имеют опыт разработки и внедрения интегрированного программного стека решений для повышения эффективности работы и прикладного использования суперкомпьютерных комплексов: от системного ПО до вертикально ориентированных платформ на базе технологии облачных вычислений.
Подробнее: www.rscgroup.ru



Корпорация IBM уже более 100 лет является одним из ведущих мировых производителей и поставщиков аппаратного и программного обеспечения, а также ИТ-сервисов и консалтинговых услуг. Стратегией компании являются поддержка и стимулирование научно-исследовательской деятельности. Ежегодные инвестиции IBM в эту сферу составляют около 6 млрд долларов США, благодаря чему вот уже 20 лет подряд специалисты корпорации ежегодно регистрируют больше патентов, чем любая другая компания в мире. Так, в 2013 году корпорация IBM получила 6809 патентов.
Подробнее: www.ibm.com/ru/ru

Генеральный партнер



Научно-исследовательский институт «Квант» занимается следующими видами деятельности:

- проведение исследований в области суперкомпьютерных технологий;
- создание суперкомпьютеров, техники связи и телекоммуникаций, систем и средств обработки;
- комплексная защита информации при ее обработке средствами вычислительной техники;
- верификация программного обеспечения.

В своей работе ФГУП «НИИ «Квант»» опирается на устойчивую кооперацию с промышленными предприятиями страны, институтами РАН.
Подробнее: www.rdi-kvant.ru



Корпорация Intel — ведущий мировой производитель инновационных полупроводниковых компонентов — разрабатывает технологии, продукцию и инициативы, направленные на постоянное повышение качества жизни людей и совершенствование методов их работы. Дополнительную информацию о корпорации Intel можно найти на веб-сайте www.intel.ru/pressroom и на русскоязычном сервере.
Подробнее: www.intel.ru

Генеральный партнер



Компания HP создает новые возможности для того, чтобы технологии приносили максимальную пользу людям, компаниям, государственным учреждениям и обществу в целом. Обладая широчайшим портфелем технологий, который включает в себя устройства печати, персональные системы, программное обеспечение, услуги и ИТ-инфраструктуру, HP предоставляет решения самых комплексных задач клиентов в любом регионе мира.

Подробнее: www.hp.ru



«НИЦЭВТ» — одно из старейших предприятий — разработчиков средств вычислительной техники и системного программного обеспечения оно было создано в 1948 году.

Основная сфера деятельности — создание технических и программных средств вычислительной техники общего и специального назначения с возможностью реализации проектов на собственном производстве. Современное оборудование и квалифицированный персонал позволяют осуществлять полный цикл работ и поддерживать высокое качество.

Подробнее: www.nicevt.ru

Партнер



RAIDIX — разработчик одноименного ПО для профессиональных SAN- и NAS-систем хранения данных с интерфейсами FibreChannel, iSCSI и InfiniBand. Продукт RAIDIX, установленный на недорогие стандартные серверные комплектующие хб4, создает отказоустойчивые системы хранения данных с высокой производительностью и низкой стоимостью эксплуатации. Продукция компании распространяется по всему миру, клиентами компании являются мировые производители СХД, системные интеграторы и поставщики специализированных профессиональных ИТ-решений.

Подробнее: www.raidixstorage.com/ru/

Программа и тезисы докладов Пятого Московского суперкомпьютерного форума

Москва, 2014, 24 с.,

Формат 60x90 1/16. Печ. л. 1,5

Тираж 300 экз. Заказ № 6360 от 10.10.2014 г.

Отпечатано в книжной типографии «Буки Веди»

105066, г. Москва, ул. Новорязанская, д. 38, стр. 1, пом. IV
Тел.: (495) 926-63-96, www.bukivedi.com, info@bukivedi.com