

Таким образом, мы нашли ближайшую к ортонектидам группу кольцецов и не только подтвердили общую гипотезу о принадлежности ортонектид к кольцецам, но и конкретизировали эту гипотезу. Тем самым гипотеза происхождения ортонектид от высших, сложно устроенных целомических метамерных животных становится наиболее обоснованной. Бедная, упрощенная морфология ортонектид показывает нам, до какой степени могут быть утрачены достижения предшествовавшей эволюции, если вид вступил на путь регресса.

Рис. 2.  
Вероятное филогенетическое дерево и положение на нем ортонектид

Работа выполнялась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слюсарев Г.С. Тип Ортонектида (Orthonectida): строение, биология, положение в системе многоклеточных животных // Журн. общей биологии. 2008. Т. 69. № 6. С. 403–427.
2. Pawlowski J. et al. Origin of the Mesozoa inferred from 18S rRNA gene sequences // Mol. Biol. Evol. 1996. V. 13. N 8. P. 1128–1132.
3. Hanelt B. et al. The phylogenetic position of *Rhopalura ophiocomae* (Orthonectida) based on 18S ribosomal DNA sequence analysis // Mol. Biol. Evol. 1996. V. 13, N 9. P. 1187–1191.

## Параллельные компьютерные технологии в системах виртуального окружения. Цели и задачи



## 21 Параллельные компьютерные технологии в системах виртуального окружения.

### Цели и задачи

Моделирование на суперкомпьютерах порождает сверхбольшие объемы данных, анализ и интерактивная визуализация которых в системах виртуального окружения в режиме реального времени в свою очередь также требует применения суперкомпьютерных вычислений. Представлен обзор наиболее перспективных подходов к решению этой проблемы, используемых, в частности, в рамках НОЦ «Параллельные компьютерные технологии и моделирование в системах виртуального окружения».

Мировое сообщество разработчиков программного обеспечения предприняло инициативу по кардинальному пересмотру стратегии развития и разработки программного обеспечения для высокопроизводительных вычислительных систем, которая воплощена в документе IESP Roadmap на период 2010—2019 гг. Этот документ отмечает, что в процессе моделирования с производительностью вычислительных систем на уровне петафлоп создаются объемы данных уровня петабайт, а в процессе моделирования с производительностью на уровне экзотфлоп создаются объемы данных уровня экзобайт. При этом утверждается, что для визуализации объемов данных уровня Petabyte и Exabyte требуются как новые технологии анализа и визуализации результатов, так и новые программные и аппаратные средства визуализации.

Созданию виртуальных сред распределенного совместного моделирования, научного анализа и интерактивной визуализации на основе систем виртуальной реальности типа CAVE 3D (Computer Aided Virtual Environment) в мире уделяется растущее внимание. Актуальность создания таких сред в настоящее время осознана всеми ведущими промышленными компаниями в мире, выпускающими конкурентоспособную продукцию. Эти среды наиболее востребованы в высокотехнологичных отраслях промышленности, таких, как аэрокосмическая, автомобильная и авиационная. В последнее время системы типа CAVE 3D позиционируются инженерной общественностью как средство и место принятия коллективного решения о судьбе проектируемого изделия. При этом технологии принятия решения в значительной мере базируются на технологиях распределенной работы (Collaborative work) по моделированию, анализу и визуализации результатов в среде виртуального окружения.

В настоящее время в мире ведутся интенсивные работы по совершенствованию специализированного программного обеспечения в направлении повышения качества масштабирования, улучшения функциональности виртуальных сред для использования последних группами инженеров — участников совместной распределенной работы. Это подразумевает получение разделенного доступа как к приложениям и инструментальным средствам разработки программного обеспечения, так и к средствам интерактивной визуализации и анализа результатов моделирования сложных физических процессов. Глобальная задача состоит в создании, развитии и интеграции распределенного совместного моделирования и интерактивных сред виртуальной реальности для анализа результатов в режиме реального времени. Решение этой задачи позволит пользователю получить доступ к основным функциям, необходимым для распределенной совместной работы в рамках отведенной сессии. Разработка и создание

### АВТОРЫ:

**Н.Н. Шабров** – докт. тех. наук, профессор, зав. кафедрой «Компьютерные технологии в машиностроении» Механико-машиностроительного факультета СПбГПУ, научный руководитель Научно-образовательного центра «Параллельные компьютерные технологии и моделирование в системах виртуального окружения»;  
e-mail: shabrov@rwws.ru



виртуальных сред распределенного совместного моделирования, научного анализа и интерактивной визуализации неразрывно связаны с развитием высокопроизводительных вычислительных систем и в полной мере относятся к вычислительному обеспечению развития прорывных технологий.

Задачи визуализации и понимания результатов вычислений на больших сетках с объемом данных уровня петабайт и экзобайт порождают проблемы, связанные как с обработкой видеоизображений, так и с ограничениями по скорости передачи результатов вычислений в систему визуализации. Особенно это относится к проблеме визуализации результатов моделирования динамически развивающегося процесса. Специализированные вычислительные системы в настоящее время способны обрабатывать и порождать огромные объемы данных, причем на практике решение задач моделирования, как правило, не выполняется в режиме реального времени. Системы визуализации, напротив, должны обрабатывать данные с достаточно высокой скоростью, необходимой для работы пользователя в режиме реального времени. Актуальной задачей является решение проблем визуализации больших и сверхбольших объемов данных на основе параллельных компьютерных технологий.

Таким образом, моделирование на суперкомпьютерах порождает сверхбольшие объемы данных, анализ и интерактивная визуализация которых в системах виртуального окружения в режиме реального времени в свою очередь также требует применения суперкомпьютерных вычислений.

Наиболее перспективными подходами к решению этой проблемы представляются следующие взаимно дополняющие подходы.

- Предварительная обработка результатов моделирования с целью редукции объемов данных. Следует разработать алгоритмы, определяющие наборы данных, которые бы содержали только ту информацию, которая является визуально значимой. В этой связи следует указать на исследования, выполненные в ИММ РАН и используемые при визуализации данных на сверхбольших сетках в системе CAVE 3D (Akayev et al.).
- Компрессия геометрических данных, передаваемых в систему визуализации, с последующей их быстрой декомпрессией с использованием процессоров, установленных на графических ускорителях. Подход позволит решить проблему «бутылочного горлышка» — шины передачи данных на графический ускоритель.
- Выполнение части вычислений непосредственно с помощью процессоров, входящих в систему визуализации. Такой подход оправдан

в тех случаях, когда визуальное представление объекта может быть частично реконструировано по некоторым параметрам результатов моделирования, объем которых существенно меньше, чем объем восстанавливаемых данных. Алгоритм восстановления частично реализуется на графическом процессоре.

- Интерактивная работа в системе виртуального окружения требует, чтобы время реакции системы на действия пользователя, находящегося в киберпространстве, составляло не более 2 секунд. В связи с этим для обработки видеоизображения требуются программные и аппаратные средства параллельных компьютерных технологий.

Программные и аппаратные средства НОЦ «Параллельные компьютерные технологии и моделирование в системах виртуального окружения» востребованы как промышленностью, так и организациями РАН. Результаты исследований в области моделирования и визуализации больших объемов данных с использованием систем виртуального окружения были продемонстрированы на выставке «Российский промышленник 2010» в С.-Петербурге.



Рис. 1.  
Визуализация в системе CAVE 3D CAD модели моноблока дизеля

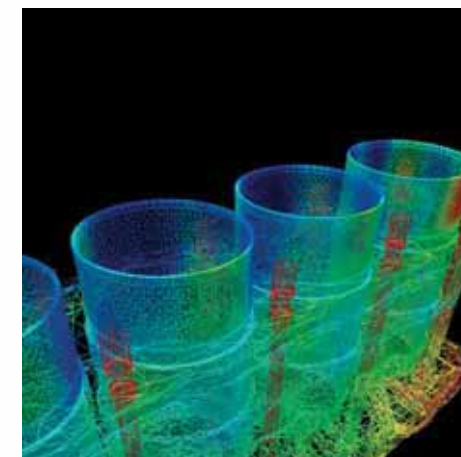
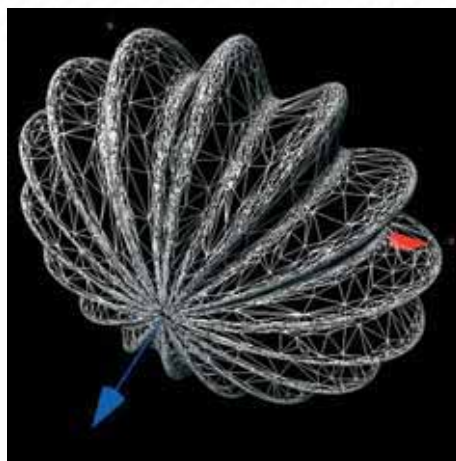


Рис. 2.  
Визуализация в системе CAVE 3D сеточной области моноблока дизеля

Совместно с ИММ РАН выполняется цикл работ по созданию специализированного программного обеспечения на основе суперкомпьютерных вычислений по интерактивной визуализации изоповерхностей на сетках с числом узлов



**Рис. 3.**  
Визуализация в системе CAVE 3D изоповерхности на сетке с числом узлов  $10^7$



**Рис. 4.**  
Визуализация в системе CAVE 3D CAD редуцированной сеточной области изоповерхности

до  $10^9$  (1). Ставится задача о построении изоповерхности на нерегулярной сетке тетраэдров, в узлах которой задано скалярное поле. Сетка разбивается на домены, в каждом из которых содержится порядка  $10^6$  узлов (таким образом, имеется около 1000 доменов).

Реализации параллельных алгоритмов построения изоповерхностей выполнялись на основе многоядерной вычислительной архитектуры с использованием видеокластера производительностью 1,4 TF на базе процессора Intel Quad Core Xeon.

Автор работы благодарит РФФИ за поддержку исследований в рамках гранта № 09-07-12020 офи-м.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Akayev A.A., Kuzin A.K., Orlov S.G., Chetverushkin B.N., Shabrov N.N., Iakobovski M.V. Generation of isosurface on Large Mesh / Proceeding of the IASTED International Conference ACIT 2010 in cooperation with RAS.

# Суперкомпьютеры. Кластеры. Наноматериалы

