

**Юрченко В.В.** — рецензент *Киселев Г.Д.*

УНК “Институт прикладного системного анализа” НТУУ “КПИ”, Киев, Украина

## Обзор инструментов распределения вычислений на основе системы ROOT

Современные научные исследования являются крайне высокотребовательными по отношению к вычислительным ресурсам, вынуждая прибегать к использованию дорогостоящих суперкомпьютеров и кластерных сетей. Однако каждый час работы подобных вычислительных систем расписан на многие месяцы вперед.

Одним из возможных подходов к решению данной проблемы является использование метода распределения вычислений. Особенностью распределенных многопроцессорных вычислительных систем, в отличие от локальных суперкомпьютеров, является возможность неограниченного наращивания производительности за счет масштабирования. Слабосвязанные, гетерогенные вычислительные системы с высокой степенью распределения выделяют в отдельный класс распределенных систем — Grid.

Grid-технология нашла применение в моделировании и обработке данных в экспериментах на Большом адронном коллайдере (Grid используется и в других задачах с интенсивными вычислениями).

**Описание системы ROOT.** ROOT — пакет объектно-ориентированных программ и библиотек, разработанных в Европейском центре ядерных исследований (CERN). Пакет был разработан специально для использования в качестве платформы обработки экспериментальных данных физики высоких энергий и содержит специфичные для этой области продукты, однако также может быть использован для анализа других данных. Вычисления могут выполняться в интерактивном режиме путем ввода команд пользователем в консоль ROOT, либо с помощью файлов-сценариев (также называемых макросами), содержащих набор команд, которые будут выполняться последовательно, но как единый блок (пакетная обработка). Все команды ROOT являются командами языка C++.

**Некоторые инструменты распределенных вычислений.** PROOF (The Parallel ROOT Facility) — это расширение системы ROOT, которое позволяет проводить интерактивный анализ больших наборов файлов параллельно на кластерах или на многопроцессорных машинах. В общем случае PROOF может распараллелить класс задач, решение которых может быть сформулировано как набор независимых подзадач.

PROOF изначально создавался как альтернатива пакетным системам обработки данных в Центральных аналитических учреждениях (Central Analysis Facilities) CERN. Но благодаря многоуровневой архитектуре, которая предусматривает несколько уровней разделения вычислений, PROOF может быть адаптирован к широкому спектру виртуальных кластеров, разделенных по географически удаленным гетерогенным машинам (Grid).

Особенностью PROOF является интерактивно-пакетный режим работы. В этом режиме пользователь может задать на выполнение длинную очередь задач-сценариев, отключить клиент, и подсоединиться с любого компьютера в любое время, чтобы проверить прогресс выполнения или получить результат. Эта возможность дает преимущество перед системами, основанными на чисто пакетных решениях, которые предоставляют ответ только тогда, когда

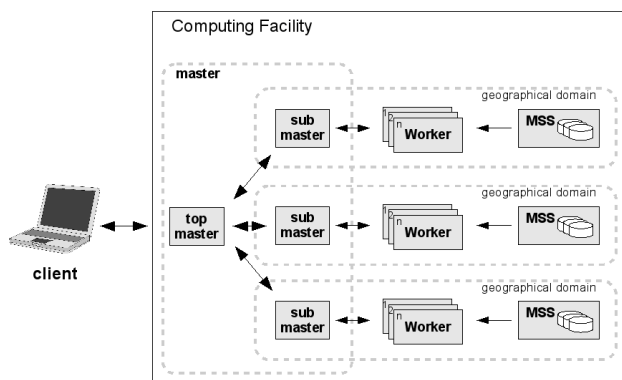


Рис. 1. Многоуровневая архитектура, заложенная в основу PROOF

все работы завершены.

На основе системы ROOT в рамках эксперимента ALICE был разработан пакет библиотек и программ для симуляции и анализа AliRoot. AliRoot работает в связке с промежуточным программным обеспечением AliEn (Alice Environment) для обработки данных с использованием возможностей Grid.

Одной из наиболее важных особенностей AliEn является интерфейс с другим промежуточным программным обеспечением Grid (ARC, OSG, GLITE). Благодаря этому система, использующая AliEn, может использоваться не только как отдельная Grid-система, но и в сотрудничестве с другими подобными системами.

Недостатком данной системы является то, что большинство вычислительных ресурсов предоставляется вычислительными элементами Grid (Grid computing elements - CEs). CE были разработаны для пакетного анализа и не являются удобными для интерактивной инфраструктуры.

Поэтому сообществом ALICE была проведена адаптация системы PROOF для обеспечения нужной интерактивности. Решением является распределение ресурсов между Grid (через AliEn) и PROOF с помощью виртуализации, что позволяет динамически переместить ресурсы для передачи их в PROOF только по запросу пользователя. Это означает, что когда пользователь нуждается в интерактивной обработке данных, ресурсы (ОЗУ и ЦПУ) перемещаются в узел, на котором запущен PROOF. В остальных случаях, а также после отключения пользователя, ресурсы возвращаются Grid.

**Заключение.** В данной статье рассматриваются некоторые инструменты организации распределенных вычислений на основе системы обработки и анализа данных ROOT. Описаны основные принципы работы пакетов PROOF и AliEn, а также выявлены их главные преимущества и возможности. Также была рассмотрена возможность взаимодействия систем PROOF и AliEn.

**Литература.** 1. ROOT User's Guide [Электронный ресурс], <http://root.cern.ch/root/doc/RootDoc.html>. 2. ALICE Offline Bible [Электронный ресурс], <http://aliceinfo.cern.ch/Offline/sites/aliweb.cern.ch.Offline/files/uploads/OfflineBible.pdf>. 3. AliEn: ALICE environment on the GRID [Электронный ресурс], [http://iopscience.iop.org/1742-6596/119/6/062012/pdf/1742-6596\\_119\\_6\\_062012.pdf](http://iopscience.iop.org/1742-6596/119/6/062012/pdf/1742-6596_119_6_062012.pdf). 4. Rene Brun and Fons Rademakers, ROOT - An Object Oriented Data Analysis Framework, Proceedings AIHENP'96 Workshop, Lausanne, Sep. 1996, Nucl. Inst. & Meth. in Phys. Res. A 389 (1997) 81-86. См. также <http://root.cern.ch/>.

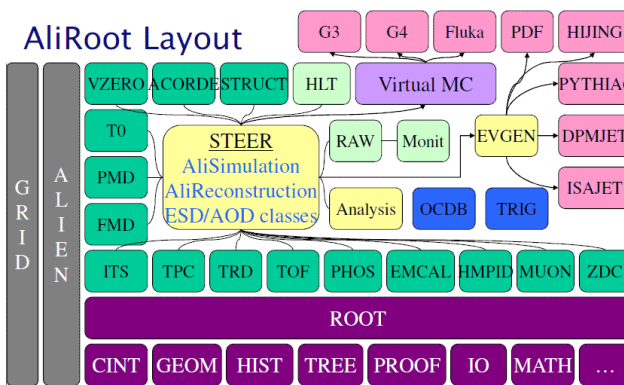


Рис. 2. Структура AliRoot

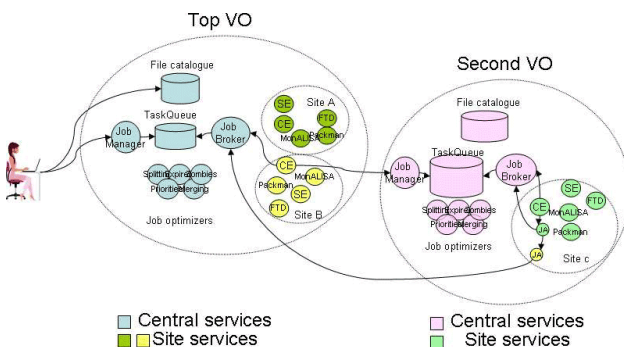


Рис. 3. Интерфейс между разными виртуальными организациями, использующими AliEn