

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Совет молодых ученых

Научно-методический отдел по работе с молодыми учеными
и специалистами университета управления
научных исследований СПбГУ

ЧЕЛОВЕК. ПРИРОДА. ОБЩЕСТВО АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Материалы

*14-й международной конференции
молодых ученых 26–30 декабря 2005 г.*

В 2 частях

Часть II



Издательство Санкт-Петербургского университета
2006

ПЛАТФОРМА ROOT ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ НОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Объектное программирование открывает новые возможности для решения широкого круга фундаментальных и прикладных задач. Типичным можно считать приложение, которое включает в себя доступ к глобальным и локальным сетям, численные расчеты, графику, интерактивное взаимодействие с пользователем и обращение к базам данных.

В данной работе рассматривается несколько характерных вопросов применения программного комплекса ROOT [1, 2] для обра-

Науменко П. — аспирант физического факультета СПбГУ

ботка экспериментальных данных современного физического эксперимента NA49 [3] по столкновению релятивистских ядер Pb на ускорителе SPS в Европейском Центре Ядерных Исследований (CERN). Платформа ROOT будет использована в дальнейшем в СПбГУ как базовая программная среда для эксперимента ALICE по поиску и исследованию кварк-глюонной плазмы.

Введение. Программное обеспечение экспериментов в физике высоких энергий — это большой и сложный комплекс разнообразных программ, пакетов и систем, обеспечивающих, в частности, решение следующих задач в ходе обработки и анализа данных: моделирование; реконструкция событий; организация структур данных; интерактивный анализ и представление данных; организация баз данных и работа с ними; статистический анализ и вычисление характеристик изучаемых физических процессов.

Некоторые специфические особенности программного обеспечения и проблемы, возникающие при разработке программного обеспечения для больших детекторов современных и будущих экспериментов в физике высоких энергий, были рассмотрены ранее в обзоре [4]. В частности, было отмечено, что переход на объектно-ориентированную среду в создании программных комплексов для приложений физики высоких энергий позволяет разложить сложную проблему на составные части, причем каждая составляющая становится самостоятельным объектом, содержащим свои коды и данные, которые к этому объекту относятся. Разбиение сложной задачи на группы более простых увеличивает надежность программного обеспечения, создает основу для гибкого и четкого процесса управления разработкой кода, открывает новые возможности для повторного использования кода. Принципиальным моментом с точки зрения создания программы становится необходимость разработки на первом этапе структуры данных, и только затем — способов работы с этими данными. Этот аспект крайне важен для приложений физики высоких энергий, поскольку данные сохраняют свою актуальность достаточно долго, в то время как для обработки и визуализации этих данных могут применяться различные методы.

Сама концепция объектов очень естественна для организации логического процесса анализа физических данных. Кроме того, как отмечалось [5], наиболее сильной стороной объектного программирования является возможность активного его использования в программах, предназначенных для широкого диапазона приклад-

ных областей. В этом смысле можно считать типичным приложение, которое включает в себя доступ к глобальным и локальным сетям, численные расчеты, графику, интерактивное взаимодействие с пользователем и обращение к базам данных. Ранее такие задачи решались с использованием разных языков программирования.

Одним из успешных проектов перехода на объектно-ориентированный подход в физике высоких энергий является программный комплекс ROOT, который был создан в Европейском Центре Ядерных Исследований (CERN) на базе широко известных физикам средств интерактивного анализа данных PAW [6] и PIAF [7], и пакета моделирования GEANT [8]. Первоначальный вариант ROOT был создан для эксперимента NA49 [9] и к настоящему моменту является мощным программным комплексом, в котором успешно реализованы необходимые для обработки и анализа физической экспериментальной информации средства. ROOT принят как базовая программная среда одним из планируемых на LHC (Large Hadron Collider) экспериментов ALICE [10, 11], рядом физических экспериментов (STAR [12, 13], CDF [14, 15], BaBar [16]), HERA-B [17], GSI [18], FINUDA [19], ATLAS [20], D0 [21]). В [22] сообщались первые результаты применения программного комплекса ROOT для изучения дальних корреляций в PbPb-столкновениях при энергии $\sqrt{s} = 17$ ГэВ (эксперимент NA49).

Обработка данных NA49 [37]. NA49 — эксперимент с фиксированной мишенью, действующий с 1996 года в Европейском Центре Ядерных Исследований (CERN) на пучках протонов и ядер. Прошедшие основную и вторичную обработку экспериментальные данные хранятся в специальных файлах с расширением .root. Данные располагаются в виде иерархической, древовидной структуры, а встроенные в программный комплекс ROOT средства позволяют хранить объекты (экземпляры классов). Данный подход очень удобен при работе со сложными структурами данных, инкапсулированных в один объект.

Для обработки экспериментальных данных применялись библиотеки T49DST и T49ANA [38], являющиеся надстройкой над программным комплексом ROOT. Первая библиотека (T49DST) содержит классы, используемые для разделения данных согласно физическим параметрам. Основные классы библиотеки приведены ниже.

— Класс T49Run — инкапсулирует информацию о запуске установки.

— Класс T49EventRoot — инкапсулирует информацию о событии.

— Класс T49ParticleRoot — инкапсулирует информацию о частице.

Методика измерения дальних корреляций была взята из работы [31]. В каждом событии измерялась множественность заряженных частиц n_B и n_F в заранее определенных задней (backward) и передней (forward) областях быстрот, а также средний поперечный импульс заряженных частиц p_{tB} и p_{tF} для этих областей. Значение p_{tB} вычислялось по формуле

$$p_{tB} = \frac{1}{n_B} \sum_{i=1}^{n_B} p_{tB}(i),$$

где $p_{tB}(i)$ — поперечный импульс i -ой заряженной частицы в задней области. p_{tF} вычислялся аналогично. Затем строились двумерные гистограммы $n_B(n_F)$, $p_{tB}(n_F)$, $p_{tB}(p_{tF})$, которые преобразовывались в профили $\langle n_B \rangle_{n_F}(n_F)$, $\langle p_{tB} \rangle_{n_F}(n_F)$, $\langle p_{tB} \rangle_{p_{tF}}(p_{tF})$. Профиль — это двухмерная гистограмма, где по оси y строится среднее значение \pm ошибка для каждого диапазона значений x . При анализе данных по отдельным классам центральности профили $\langle n_B \rangle_{n_F} n_F$, $\langle p_{tB} \rangle_{n_F} n_F$ и $\langle p_{tB} \rangle_{p_{tF}} p_{tF}$ аппроксимировались линейной зависимостью, например, для случая $\langle p_{tB} \rangle_{n_F} n_F$:

$$\langle p_{tB} \rangle_{n_F} = a + b_{p_{tB}n} n_F$$

Затем строился график зависимости коэффициентов корреляции от номера класса центральности.

Для расчета дальних корреляций и получения результатов был написан ряд сценариев. В результате были получены основные двумерные гистограммы $n_B(n_F)$, $p_{tB}(n_F)$, $p_{tB}(p_{tF})$, и соответствующие им профили $\langle n_B \rangle_{n_F}(n_F)$, $\langle p_{tB} \rangle_{n_F}(n_F)$, $\langle p_{tB} \rangle_{p_{tF}}(p_{tF})$, которые являются предметом дальнейшего физического анализа.

3. Заключение. Для программного комплекса ROOT написаны, отлажены и проверены сценарии, позволяющие проводить обработку экспериментальных данных в эксперименте NA49 и вычислять дальние корреляции между различными наблюдаемыми вели-

чинами. В дальнейшем эти сценарии будут использованы [24,25] в исследованиях дальних корреляций в эксперимента ALICE.

Литература

1. R. Brun and F. Rademakers, ROOT — An Object Oriented Data Analysis Framework // AIHENP'96 Workshop, Lausanne, September 1996, Nucl. Inst. & Meth. in Phys. Res. A 389 (1997) 81–86.
2. R. Brun, F. Rademakers ROOT — An object-Oriented Data Analysis Framework <http://root.cern.ch/>
3. <http://na49info.cern.ch/na49/>
4. Кореньков В. В., Тухоненко Е. А. Концепция GRID и компьютерные технологии в эру LHC // ЭЧАЯ. 2001. Т. 32. Вып. 6. С. 1458–1493.
5. Страуструп Б. Язык программирования C++, спец. изд. / Пер. с англ. М.; СПб., 2002. 1099 с.
6. <http://wwwasd.web.cern.ch/wwwasd/paw/>
7. <http://wwwasd.web.cern.ch/wwwasd/paw/piaf/>
8. <http://wwwasd.web.cern.ch/wwwasd/geant/>
9. <http://na49info.cern.ch/na49/Software/minidst/>
10. <http://aliweb.cern.ch/offline/>
11. Rademakers F. ALICE Data Challenges // Proc. of CHEP'2000, Padova, Italy, 2000. p. 185.
12. Fine V., Fisyak Y., Perevoztchikov V. et al. The STAR offline framework // Proc. of CHEP'2000, Padova, Italy, 2000. P. 143.
13. <http://www.star.bnl.gov/STAR/comp/root/index2.html>
14. Sexton-Kennedy E., Shapiro M., Snider R. et al. The Physical Design of the CDF Simulation and Reconstruction Software // Proc. of CHEP'2000, Padova, Italy, 2000. P. 161.
15. <http://www-cdf.fnal.gov/upgrades/computing/projects/framework/>
16. Adye T.J., Dorigo A., Dubitzky R. et al. Ranga(ROO): Handling the micro-DST of the BaBar experiment with ROOT // Computer Physics Communications 150, 2003. P. 197–214.
17. <http://www-hera-b.desy.de/subgroup/software/clue/>
18. <http://www-w2k.gsi.de/root/>
19. <http://www.lnf.infn.it/faso/Manuals/fROOTmanual.html>
20. <http://root.cern.ch/root/Atlfast.html>
21. Snow J., Canal P., Kowalkowski J. et al. Use of ROOT in the DØ Online Event Monitoring System // Proc. of CHEP'2000, Padova, Italy, 2000. P. 165.
22. Asryan A. G., Feofilov G. A., Naumenko P. A. et al. ROOT application for Long-Range Correlation Analysis // Workshop on Computational Physics Dedicated to Memory of Stanislav Merkuriev SPb 2003. P. 50.
23. NA49 Collaboration at CERN and G.Feofilov, R.Kolevator, V.Kondratiev, P.Naumenko, V.Vechernin Long-range correlation in PbPb collisions at 158 A*GeV // ISHEPP XVII, Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics, Book of Abstracts of the XVII International Baldin Seminar on High energy Physics Problems, Dubna, Russia, 2004, p. 59
24. M.M.Aggarwal, A.G.Asryan ... P.A.Bolokhov, M.A.Braun, D.Derkach, G.Feofilov, A.S.Ivanov... R.S.Kolevator, ... V.P.Kondratiev, ... P.A.Naumenko,

...V.V.Vechernin...et al., «Event by event physics in ALICE», CERN/ALICE-INT-047 v.1, ALICE Internal Note, 18 Nov. 2005, CERN, EDMS Id 682648

25. A.Asryan, D.Derkach, M.A.Braun, G.A.Feofilov, A.Ivanov, R.Kolevatov, V.P.Kondratiev, P.Naumenko, V.V.Vechernin, «Long-Range Correlations Studies in ALICE», Ch.6_8, ALICE PPR Vol.2, to be published