

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна

P11-2001-24

В.В.Кореньков, В.В.Мицын, Е.А.Тихоненко

**УЧАСТИЕ ОИЯИ
В ОРГАНИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО
ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА
ДЛЯ ЛНС В РОССИИ**

2000

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в CERN создается крупнейший в мире ускорительный комплекс частиц LHC (Large Hadron Collider)[1]. Организация процесса обработки и анализа данных с LHC, несомненно, является наиболее крупным информационно-вычислительным проектом в мире на ближайшие годы, поскольку возникнет необходимость производить многоуровневую обработку данных общим объемом несколько Петабайт в год (1 Петабайт = 10^{15} байт), а также обеспечить прозрачный и быстрый доступ к этим данным большого количества специалистов из разных стран мира. Можно без преувеличения сказать, что эра LHC принесет беспрецедентные изменения в компьютеринг вследствие неслыханного масштаба накапливаемых и подлежащих обработке и анализу данных, сложности самих экспериментальных установок, а также большой географической разобщенности участников: несколько тысяч ученых из 150 научных организаций 32 стран мира принимают участие в проектах на LHC.

ОИЯИ на протяжении уже нескольких лет является активным участником трех проектов на LHC: ALICE, ATLAS и CMS. Более 200 сотрудников института занимаются проектированием и изготовлением детекторов, участвуют в разработке физических исследований и программного обеспечения для этих установок. Как известно, вклад российской стороны в эти эксперименты очень значителен, и теперь, когда близится завершение строительства ускорителя и экспериментальных установок, важнейшим моментом является обеспечение дальнейшего полноценного участия российских ученых в экспериментах на LHC после запуска ускорителя, что может быть достигнуто лишь при достаточно полной поддержке компьютеринга LHC в России. Решить подобную задачу возможно лишь силами всех институтов в России, участвующих в проектах на LHC. Именно поэтому с 1999 года была начата работа над совместным проектом в этом направлении.

2. КОНЦЕПЦИЯ GRID И ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЬЮТИНГА ДЛЯ СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА LHC

В течение ряда последних лет в CERN рассматривались различные модели организации компьютеринга для LHC. В частности, международный проект MONARC (Models of Networked Analysis at Regional Centres for LHC Experiments)[2,3] выработал рекомендации по построению информационно-вычислительных комплексов для обработки и анализа данных с LHC. На данный момент коллаборациями ALICE, ATLAS, CMS и LHCb принята модель, в которой основными структурными элементами в организации вычислений для LHC будут региональные центры разного уровня, поскольку концентрация всех вычислительных и архивных ресурсов непосредственно в CERN по ряду

причин нецелесообразна и, более того, практически невозможна. При этом предполагается, что основой вычислительных ресурсов региональных центров для ЛНС станут фермы и кластеры персональных компьютеров.

Основной концепцией организации распределенных вычислений и доступа к большому массивам данных на настоящий момент становится концепция GRID [4]. В силу того, что задачи организации компьютеринга для ЛНС беспрецедентны по объему получаемых и обрабатываемых данных, степени сложности и географической разделенности участников, для решения этих задач становится неизбежным создание grid-структур и использование grid-технологий, поскольку это даст возможность объединить совокупность географически удаленных ресурсов с предоставлением прозрачного и универсального интерфейса. В США и Европе уже реализуются несколько проектов, целью которых является организация компьютеринга для ЛНС как построение grid-образований с созданием соответствующего программного обеспечения нового поколения - прежде всего, программного обеспечения промежуточного уровня (middleware). К этим проектам относятся, например, проекты GIOD [5], Clipper [6], PPDG [7], GriPhyN [8]. В 2000 году получил финансирование Европейского сообщества проект EU Data Grid [9] для физики высоких энергий, биоинформатики и системы наблюдений за Землей. Основной целью проекта является улучшение эффективности и скорости анализа данных посредством интеграции глобально-распределенных процессорных мощностей и систем хранения данных. Доступ к этим ресурсам будет характеризоваться динамическим распределением данных и вычислений, что предполагает управление репликацией и кэшированием баз данных и синхронизацию при запуске обработки этих данных.

3. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРЫ ПО СОЗДАНИЮ РЕГИОНАЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЛНС В РОССИИ

Специалисты ряда институтов в России, которые участвуют в проектах на ЛНС, создали совместный проект "Российский информационно-вычислительный комплекс для обработки и анализа данных экспериментов на Большом адронном коллайдере" (РИВК-БАК)[10]. Проект был разработан в соответствии с Меморандумом о создании РИВК-БАК, подписанным директорами ведущих физических институтов – участников ЛНС: ГНЦ ИФВЭ, ГНЦ ИТЭФ, ИОЯФ РНЦ КИ, ИЯИ РАН, ИЯФ СО РАН, МИФИ, НИИЯФ МГУ, ОИЯИ, ОЯФА ФИ РАН и ПИЯФ РАН. Целью проекта является создание в России регионального комплекса для обработки данных экспериментов на ЛНС. Проект рассчитан на период до 2006 года. На начальном этапе (до 2002 г.) планируется разработка концепции комплекса и создание его прототипа. Для проведения работ были сформированы рабочие группы Проекта по направлениям деятельности: созданию ферм и кластеров персональных компьютеров; архивированию данных; развитию региональной сети РИВК-БАК и организации канала связи с CERN, а также по сопровождению унифицированного программного обеспечения. С конца 1999 года рабочие группы начали свою деятельность. За период менее года в ИТЭФ, ИФВЭ, НИИЯФ МГУ и ОИЯИ были созданы фермы персональных компьютеров, на которых начата отработка прототипа российского регионального центра для ЛНС.

Усилия, предпринятые в России за 1999-2000 гг. по организации регионального центра для ЛНС в России, получили определенное признание в CERN и послужили основой

для создания Объединенной рабочей группы Россия – CERN по компьютерингу и математическому обеспечению для ЛHC. В составе этой группы работает несколько сотрудников ОИЯИ. Начаты работы в сотрудничестве с CERN. Так, например, положительную оценку и признание в CERN получило участие ИТЭФ и НИИЯФ МГУ зимой 2000 года в массовой генерации физических событий для триггера высокого уровня CMS, а в сентябре 2000 года ОИЯИ впервые участвовало в таком коллективном сеансе.

4. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПОДДЕРЖКИ КОМПЬЮТИНГА ДЛЯ ЛHC В ОИЯИ

На протяжении нескольких последних лет в ОИЯИ была организована определенная поддержка компьютеринга для экспериментов, ориентированных на ЛHC. Так, например, в Лаборатории информационных технологий для CMS был создан кластер из 3-х SUN-станций, программное окружение которого полностью адекватно программной среде CMS SUN-кластера в CERN; сотрудникам ОИЯИ, участвующим в работах по тематике CMS, были предоставлены необходимые вычислительные и дисковые ресурсы как на SUN-кластере, так и на суперкомпьютере SPP-2000; также оказывалась информационная поддержка CMS в России (web-сервер коллаборации RDMS CMS <http://sunct2.jinr.ru>) [11]. Sun-CMS кластер в ОИЯИ использовался также как архивный сервер для конструкторских и электронных разработок CMS, ведущихся в ОИЯИ.

В Лаборатории информационных технологий опробована процедура проведения видеоконференций между ОИЯИ и CERN; установлено необходимое программное обеспечение для платформ UNIX и Windows. На сервере ultra.jinr.ru установлен рефлексор для уменьшения трафика видеоконференций между ОИЯИ и CERN; оборудовано несколько рабочих мест для проведения и участия в видеоконференциях.

В соответствии с общей мировой тенденцией использования PC-Linux ферм и кластеров для целей физических экспериментов [12] в ОИЯИ за последние два года было создано 3 фермы персональных компьютеров. Ферма ЛФЧ - ЛВЭ с 1999 года успешно используется для расчетов нескольких физических экспериментов (STAR, EXCHARM, NA48), и планируется ее использование для экспериментов, ориентированных на ЛHC. К лету 2000 года в ОИЯИ были созданы еще 2 фермы: в ЛЯП и ЛИТ, которые будут использоваться для ряда физических экспериментов, в том числе для ALICE, ATLAS и CMS. Общая производительность трех PC-ферм ОИЯИ - более 1000 SpecInt95 (так, например, производительность процессора Intel PIII-500 МГц оценивается как 20.6 SpecInt95). Уже на данный момент ОИЯИ располагает определенной базой для проведения различных расчетов и исследований по тематике ALICE, ATLAS и CMS.

Остановимся более подробно на специализированной Linux PC-ферме, созданной в Лаборатории информационных технологий для решения задач ряда физических экспериментов, в которых ОИЯИ принимает участие (ALICE, CMS и COMPASS). Ферма состоит из 8 2-процессорных персональных компьютеров для пакетной обработки заданий (2xCPU 500 МГц, 512 RAM, 8 GB дисковой памяти), двух интерактивных компьютеров (333 МГц), управляющего компьютера (2xCPU 600 МГц) и дискового RAID-массива на 170 GB. Программная среда фермы - операционная система Linux 6.1, библиотека программ `cernlib200`, система `Root 2.25.03`, специализированные пакеты для эксперимента CMS - `cmsim vv.118, 120, 121`; `ORCA.4.3.2` и эксперимента ALICE - `Aliroot 3.03`. На ферме инсталлирован набор прикладных пакетов ЛHC++, в том числе СУБД `Objectivity/DB`. Счет задач пользователей осуществляется в пакетном режиме, организованном

посредством системы PBS на 8 2-процессорных узлах по 500 МГц. Программная среда фермы является унифицированной с точки зрения ее использования для целей экспериментов Alice и CMS, установлены все актуальные версии специализированных пакетов для этих экспериментов: Aliroot, cmsim и ORCA.

5. УЧАСТИЕ ОИЯИ В ПРОЕКТЕ РИВК - БАК

Сотрудники ОИЯИ принимали активное участие в формировании концепции проекта РИВК-БАК и текста данного проекта, участвуют в деятельности всех рабочих групп этого проекта, а также в работе Объединенной рабочей группы Россия - CERN по компьютерингу и математическому обеспечению для LHC [13,14].

В рамках работ по РИВК-БАК ОИЯИ были взяты обязательства по массовому моделированию физических событий для триггера высокого уровня эксперимента CMS. Такое моделирование периодически проходит как непосредственно в CERN, так и в ряде других европейских и американских институтов, претендующих на роль вычислительных региональных центров для LHC. Полученные модельные данные передаются в CERN для включения в объектно-ориентированную базу данных (Objectivity/DB). Эта база данных создается для выбора базовых единиц информации, оптимизации алгоритмов триггера и реконструкции событий. База данных CMS в CERN с начала 2000 года наполняется модельными физическими событиями, подобными тем, которые предполагается исследовать на действующей установке CMS. В процессе генерации событий и последующей передачи данных в CERN происходит проверка работоспособности локальных ресурсов, корректности работы программного окружения, отрабатываются процедуры удаленного обмена большими объемами данных. В осеннем сеансе массовой генерации 2000 года участвовали три института в России: НИИЯФ МГУ, ИТЭФ и ОИЯИ. Генерация велась также в Италии, Франции, Финляндии, Великобритании и США. Российский объем участия был определен в соответствии с ограниченными возможностями сетевой связи с CERN: всего в России было смоделировано 110 тысяч событий, что составляет 160 Гигабайт данных. Участие Дубны - генерация 40 тысяч событий (70 GB данных). Генерация проходила на ферме ЛИТ при полной загруженности всех 16 процессорных единиц фермы в течение 10 дней. На моделирование одного события требовалось более 5 минут процессорного времени на CPU 500 МГц. Для моделирования событий использовались программы ruthia(v.6136) и программы моделирования и реконструкции событий для эксперимента CMS cmsim (v.120). Данные записывались в zebra-формате(fz) блоками порядка 1 Гигабайта - примерно по 500 событий в одном сформированном файле. Для передачи данных в CERN, помимо прямой передачи по каналам связи, также была разработана технология записи данных в ОИЯИ на DLT-ленты: как локальных данных в Дубне, так и данных из московских институтов.

Мы планируем продолжать сотрудничество с НИИЯФ МГУ и ИТЭФ в рамках проекта РИВК-БАК. Для этого потребуется перейти на качественно иной уровень сообщения и обмена данными между центрами - участниками этих работ, что предполагает применение grid-технологий, в частности, использование набора инструментальных средств Globus[15], который уже инсталлирован на ферме ЛИТ в полном объеме.

В ближайшее время планируется совместное с НИИЯФ МГУ и ИТЭФ создание и использование объектно-ориентированной базы данных объемом около 400 Гигабайт. Наличие в ОИЯИ системы массовой памяти создает возможности тестирования раз-

личных моделей работы с большими объемами данных, а также отработки технологии коллективного использования массовой памяти с московскими институтами.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация в России регионального информационно-вычислительного центра для ЛНС потребует к 2004-2005 гг. больших финансовых вложений, что возможно только на уровне отдельной федеральной программы. Однако отработка прототипа такого центра в России вполне осуществима и при тех довольно скромных ресурсах, которыми сейчас располагают российские институты.

Вставшие перед нами новые задачи можно решить только в тесном сотрудничестве с российскими институтами, участвующими в ЛНС. Очень острой при этом является проблема отсутствия быстрой связи российских институтов с CERN. Что касается ОИЯИ, то сооружение канала связи ОИЯИ - Москва в партнерстве с государственным предприятием "Космическая связь" с пропускной способностью 1 Гбит/с обеспечит эффективную интеграцию ОИЯИ с московскими ядерно-физическими институтами в рамках проекта РИВК-БАК. Дальнейшие перспективы развития международных телекоммуникаций ОИЯИ связаны с развитием в России системы международных каналов для науки и образования, в том числе с подключением России к европейской сети науки и высшей школы TEN-155/622 (т.е. с пропускной способностью от 155 до 622 Мбит/с).

Очевидно, что задача организации канала связи Россия - CERN является приоритетной в плане создания регионального информационно-вычислительного центра для ЛНС в России, но также крайне важно освоить использование grid-технологий в России в самое ближайшее время, что сделает возможным создать в России основу для поддержки компьютеринга ЛНС на уровне, адекватном требованиям для стадии эксплуатации физических установок. Только таким образом будет обеспечено полноценное участие российских физиков в обработке и анализе данных экспериментов на ЛНС.

Развитая вычислительно-информационная и сетевая структура ОИЯИ, имеющийся опыт организации суперкомпьютерного центра [16] и создания ферм персональных компьютеров, опыт работы с массивами данных и распределенными системами вычислений (Condor [17,18]) – все это создает определенную основу для апробации новых grid-технологий.

Имеющаяся уже в данный момент у российских ученых потребность в распределенных вычислениях и доступе к удаленным базам данных говорит о насущной необходимости создания российского сегмента сети GRID. В этой связи целесообразно объединение усилий и создание новой Федеральной междисциплинарной научно-технической программы по интеграции российских распределенных баз данных и вычислений во всемирную структуру GRID [19]. ОИЯИ, НИИЯФ МГУ, ИТЭФ и Телекоммуникационный Центр "Наука и общество" уже выступили с инициативой создания российского grid-сегмента для ЛНС [20]. На рис.1 и 2 представлены сетевая и аппаратно-программная инфраструктуры проектируемого российского grid-сегмента для ЛНС.

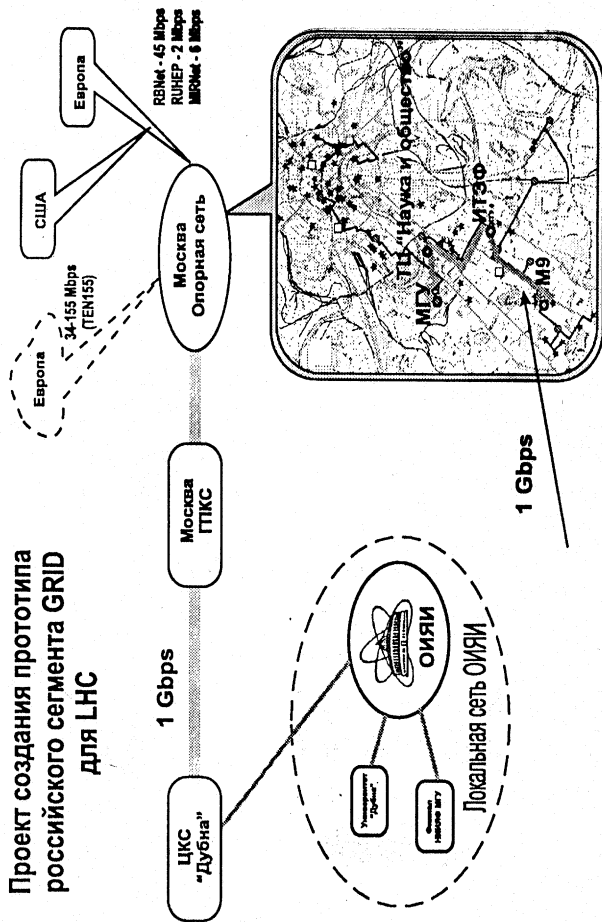


Рис. 1: Проект создания прототипа российского сегмента GRID для LHC.

Аппаратно-программная инфраструктура создаваемого российского Grid-сегмента для ЛНС

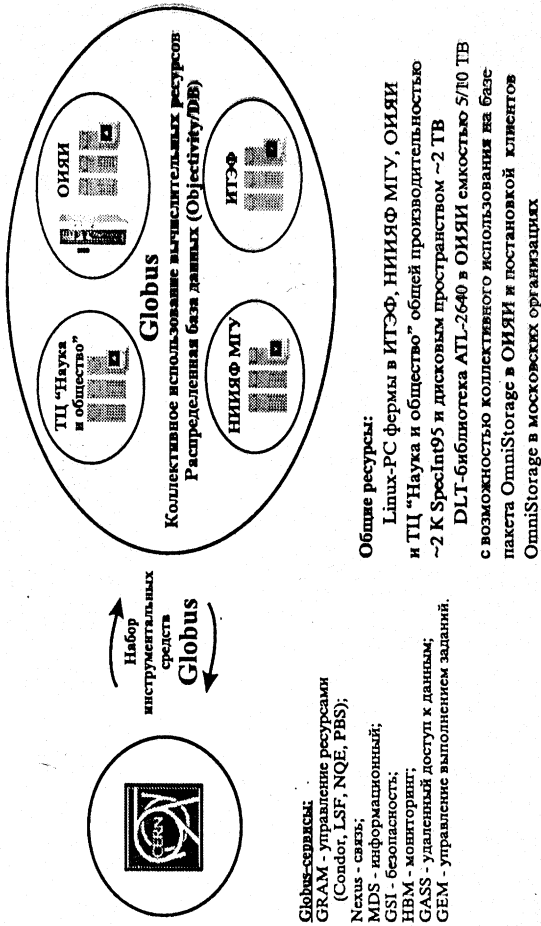


Рис. 2: Аппаратно-программная инфраструктура создаваемого российского Grid-сегмента для ЛНС.

Литература.

1. L.R.Evans. – CERN AC/95-02 (LHC), CERN, 1995.
2. <http://www.cern.ch/MONARC>
3. M.Aderholz at al. – KEK Preprint 2000-8, CERN/LCB 2000-001, 2000.
4. J.Foster and K.Kesselman, editors. GRID: a Blueprint to the New Computing Infrastructure. Morgan Kaufman Publishers, 1999.
5. <http://pcbunn.cithec.caltech.edu/>
6. <http://www-itg.lbl.gov/Clipper/>
7. <http://www.cacr.caltech.edu/ppdg>
8. <http://www.phys.ufl.edu/~avery/mre/>
9. <http://grid.web.cern.ch/grid>
10. <http://theory.npi.msu.su/ilyin/RIVK-BAK>
11. I.Golutvin et al. – D11-98-122, JINR, Dubna, 1998.
12. G.P.Yeh. Fermilab-Conf-00/053.
13. O.Kodolova, E.Tikhonenko. – CMS Conference talk 2000-030.
14. V.V.Korenkov, E.A.Tikhonenko. – Book of Abstracts of the 2nd Int.Conf. "Modern Trends in Computational Physics", Dubna, Russia, 2000, p.100.
15. <http://www.globus.org>
16. V.Korenkov. – Proceedings of Int.Conference HIPER'98, Zurich, Switzerland, 1998, pp.224-227.
17. <http://www.cs.wisc.edu/condor>
18. В.В.Кореньков и др. – JINR Rapid Communications No.2[70]-95, ОИЯИ, Дубна, 1995.
19. В.В.Кореньков, Е.А.Тихоненко. – Сборник тезисов конференции "INTERNET в научных исследованиях", изд.МГУ, М., 2000, стр.86.
20. А.В.Жучков, В.А.Ильин, В.В.Кореньков. – Труды Всерос.конференции "Высокопроизводительные вычисления и их приложения", изд.МГУ, М., 2000, стр.227-231.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 февраля 2001 года.

Кореньков В.В., Мицын В.В., Тихоненко Е.А.
Участие ОИЯИ в организации регионального
информационно-вычислительного центра для ЛHC в России

P11-2001-24

Освещаются проблемы организации регионального информационно-вычислительного центра для ЛHC в России в контексте участия ОИЯИ.

Работа выполнена в Лаборатории информационных технологий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2001

Перевод авторов

Korenkov V.V., Mitsyn V.V., Tikhonenko E.A.
Participation of JINR in Organization
of Regional Informational Computing Centre for LHC in Russia

P11-2001-24

The problems of participation of JINR in organization of informational computing centre for LHC in Russia are described.

The investigation has been performed at the Laboratory of Information Technologies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2001

Редактор М.И.Зарубина. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 14.03.2001

Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 1,04

Тираж 320. Заказ 52545. Цена 1 р. 25 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области