

ՀՀ ԳԱՄ ԲՆՃՈՐՄԱՏԻՎԱՅԻ ԵՎ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ՊՐՈԲԼԵՄՆԵՐԻ  
ԻՆՏԻՏՈՒՏ

Մկոյան Կարեն Սարգսի

ԳՐԻՊ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ "ՇԵՐՄԵՄ" ԳԻՏԱՓՈՐՑԻ ՄՈՆՏԵ-ԿԱՐԼՈ  
ԹԵՄԱՆ ԹՈՂԱՐԿՄԱՆ և ՎԵՐԱՀՄԿՄԱՆ ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՄԻՋՈՑՆԵՐԻ  
ՆԱԽԱԳԾՈՒՄ և ԻՐԱՎԱՆԱՑՈՒՄ

Ե.13.04 «Հաշվողական մեքենաների, համալիրների, համակարգերի և ցանցերի  
մաթեմատիկական և ծրագրային ապահովում» մասնագիտությամբ  
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման  
ատենախոսության

ՄԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան 2008

---

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ НАН РА

Мкоян Карен Саргисович

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОЦЕССОВ ЗАПУСКА И МОНИТОРИНГА ЗАДАЧ ПО МОНТЕ КАРЛО  
СИМУЛЯЦИЯМ ЭКСПЕРИМЕНТА ГЕРМЕС В СРЕДЕ ГРИД

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.13.04 « Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов, систем и сетей »

Ереван 2008

Ատենախոսության բեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման

պրոբլեմների ինստիտուտում:

Գիտական Ղեկավար՝

Ֆ.Մ.Գ.Ղ. Ն. Ակրուրով

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տ.գ.ղ. Հ. Հարությունյան,

տ.գ.բ. Հ. Ասրաղյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Հայաստանի Պետական Ճարտարագիտական Համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է ժամը -ին ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման  
պրոբլեմների ինստիտուտի 037 «Ինֆորմատիկայի և հաշվողական համակարգերի»,  
մասնագիտական խորհրդի նիստում, հետևյալ հասցեով՝ Երևան 0014, Պ. Սևակ 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ինստիտուտի գրադարանում:

Սեղմագիրը առաքված է 2008 թ.

-ին:

Մասնագիտական խորհրդի

գիտական քարտուղարվ. Ֆ.Մ.Գ.Ղ.

Ս.Ե. Հարությունյան

Тема диссертации утверждена в Институте проблем информатики и автоматизации  
НАН РА.

Научный руководитель:

Официальные оппоненты:

д.ф.м.н Н. Акопов

д.т.н. А. Арутюнян

к.т.н. Г. Асцатрян

Ведущая организация: Государственный Инженерный Университет Армении

Защита состоится в 2008 года на заседании специализированного  
совета 037 "Информатики и вычислительных систем" Института проблем  
информатики и автоматизации НАН РА по адресу: 0014, г. Ереван, ул. П. Севака 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института

Автореферат разослан

2008 г.

Ученый секретарь

специализированного совета, д.ф.м.н

М. Е. Арутюнян

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Технология Грид (Grid) используется для создания географически распределенной вычислительной инфраструктуры, объединяющей ресурсы различных типов с коллективным доступом к этим ресурсам в рамках виртуальных организаций, состоящих из разных научных коллективов и специалистов, совместно использующих эти общие ресурсы.

Сегодня один из самых объемных грид-проектов является проект LCG. Грид изначально был предназначен для обработки данных с Большого адронного коллайдера (Large Hadron Collider — LHC), который готовится к запуску в ЦЕРНе (Европейской организации по ядерным исследованиям). Эксперименты на ускорителе LHC (ожидаем середине 2008 года) будут порождать потоки данных с экстремальными характеристиками: 100 Мбайт/сек. и общим объемом 12-14 петабайтов в год. Проект «LHC Computing Project» (LCG) был утвержден Советом CERN с целью развития, построения и поддержки инфраструктуры распределенной системы для хранения и анализа данных, полученной в четырех экспериментах LHC.

В рамках LCG была реализована среда грид для поддержки вычислительных моделей экспериментов с использованием трехуровневой распределенной модели. В качестве транспортной среды для передачи данных LCG использует исследовательскую сеть GEANT, подключенные к ней региональные сети.

Созданная инфраструктура стала такой универсальной, что фактически послужила основой для выработки стандартов для передачи, хранения, моделирования и расчета данных по ФВЭ (не только в CERN-е, но и во многих центрах ФВЭ). Так, данные эксперимента HERMES с ускорителя HERA в исследовательском центре DESY находятся в среде LCG являясь доступным для виртуальных организаций включенных в инфраструктуру, что делает весьма актуальным вопрос вовлечения в эту инфраструктуру.

На основе огромного объема данных (сотни терабайт), накопленных установкой HERMES в ближайшие годы, будет осуществляться физический анализ этих данных, для участия в котором физикам Армении, в том числе Ереванского Физического Института (ЕрФИ), крайне необходимо иметь возможности доступа в распределенную вычислительную систему LCG. Планирование и анализ экспериментальных данных предполагает использование огромных объемов информации доступных только в гриде LCG и трудоемкие расчеты, эффективная реализация которых возможна только с использованием ресурсов предоставленными LCG.

Актуальность исследования обосновывается следующими факторами:

1. В среде LCG для пользователей Виртуальных Организаций (ВО) установлены только стандартные программные средства ФВЭ и библиотеки (например CERNLIB). Для каждой ВО, должна создаваться соответствующая среда, учитывающая специфику программного обеспечения данного эксперимента. На каждом Вычислительном Элементе (ВЕ) зарезервировано специальное пространство предназначенное для установки и запуска экспериментов (Experiment Software Area), но нет программ для удаленной и параллельной интеграции и согласования программного обеспечения экспериментов.
2. Основные интерфейсы для запуска задач и управления данными LCG слишком просты для многоуровневого автоматизированного процесса Монте-Карло моделирования событий. В таких интерфейсах не хватает инструментов управления высшего порядка, таких как автоматизированное создание скриптов, конфигурация и описание задач, а так же слежение за порядком исполнения задачи, извлечение окончательного результата и мониторинга.

### Цель и задачи работы

Основными целями данной работы являются :

- Создание инструментальных средств для удаленной и параллельной интеграции и согласования программного обеспечения эксперимента HERMES в среде грид.
- Создание инструментальных средств для описания, запуска и слежения нескольких типов генераторов Монте-Карло, моделирующих физические процессы эксперимента HERMES.

Работа проводилась по следующим направлениям:

1. Исследована архитектура и функциональные возможности промежуточного программного обеспечения грида LCG с целью создания прототипной грид-среды на базе Армкластера ИПИА НАН РА, и ресурсов вычислительного центра ЕрФИ. Созданная грид-среда интегрирована в SEE-GRID (которая является частью грида LCG в юго-восточной Европе, и предназначена для решений задач не только в рамках ФВЭ но и в других областях науки). Данная работа выполнялась в рамках договора о сотрудничестве ЕрФИ – ИПИА и государственного тематического финансирования.
2. Разработаны модели и инструментальные средства для удаленной и параллельной интеграции и согласования программного обеспечения экспериментов на ВЭ грид и система мониторинга ВЭ с локального кластера.
3. Реализован интерфейс для описания, запуска и слежения нескольких типов генераторов Монте-Карло, моделирующих физические процессы эксперимента HERMES.

### Объект исследования

Объектами исследования являются модели распределенных систем, модели кластерных систем. Пакеты и программы организации грид-среды из кластеризованных ресурсов.

### Методы исследования

Теоретической основой исследования является теория проектирования сетей. Прикладная часть основана на программировании на PERL в UNIX системах, клиент/серверной модели программирования, технологии веб-программирования.

### Научная новизна

- Создана модель и инструментальные средства для удаленной и параллельной интеграции и согласования программного обеспечения экспериментов на ВЭ грид
- Создана модель и инструментальные средства для мониторинга доступных ВЭ с локального кластера.
- На базе Армкластера ИПИА НАН РА, и ресурсов вычислительного центра ЕрФИ создана прототипная грид-среда, интегрированная в SEE-GRID.
- Реализован интерфейс для описания, запуска и слежения нескольких типов генераторов Монте-Карло, моделирующих физические процессы эксперимента HERMES.

### Практическая значимость полученных результатов

Созданная грид инфраструктура и инструментальные средства позволят начать в ЕрФИ работы по симулированию Монте-Карло выборок большого размера, нацеленных на анализ экспериментальных данных, накопленных коллаборацией HERMES, что особенно важно с точки зрения обязательств ЕрФИ по совместному научному договору с DESY. Физики ЕрФИ получили эффективный инструмент для проведения научных исследований по актуальнейшим проблемам современной физики высоких энергий и элементарных частиц,

результаты которых будут опубликованы в ведущих мировых журналах. Кроме реализована возможность доступа к будущим экспериментальным данным LHC, безусловно повысит качество и научный уровень участия ЕрФИ в международных коллаборациях.

Предложенные программные инструментальные средства разработаны модульно-распределенной технологии с возможностью гибкого изменения и расширения системы, а также использования в ней как стандартных, так и дополнительных настраиваемых модулей.

Практическое использование результатов диссертационной работы и их значимость отражены в актах внедрения.

### Внедрение

Инструментальные средства интегрирования ПО экспериментов и системы мониторинга внедрены в исследовательском центре DESY.

Интерфейс для автоматизации процессов описания, запуска и слежения нескольких типов Монте-Карло задач эксперимента HERMES внедрены в ЕрФИ.

Пакет SW-installer, был использован не только для интегрирования программного обеспечения эксперимента HERMES, но и для ПО виртуальной организации (International Linear Collider) в исследовательском центре DESY. А пакет CEAT служит одним из основных инструментов мониторинга в том же в исследовательском центре.

### На защиту выносятся следующие положения

- Модель и инструментальные средства для удаленной и параллельной интеграции и согласования программного обеспечения экспериментов на ВЭ грид.
- Модель и инструментальные средства для мониторинга доступных ВЭ с локального кластера.
- Модель прототипной грид-среды интегрированная в SEE-GRID
- Интерфейс для автоматизации процессов описания, запуска и слежения нескольких типов Монте-Карло задач эксперимента HERMES.

### Публикации и апробация

Основные результаты и положения диссертационной работы обсуждались и докладывались на семинарах в Институте проблем информатики и автоматизации НАН РА, Ереванском институте физики и исследовательском центре DESY, Германия (2005-2008 гг.) международной конференции по вычислительным наукам и информационным технологиям CSIT'2007. По теме диссертации опубликовано 4 статьи в журналах и трудах конференции список которых приводится в конце автореферата.

### Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и списка использованной литературы. Объем работы - 136 страниц, включая 34 рисунка, 3 таблицы, цитируемую литературу, насчитывающую 105 наименований.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели диссертационной работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе даны основные парадигмы Грид-технологии. Описаны уровни архитектуры грид и понятия Виртуальной Организации. Описана инфраструктура безопасности грид. Приведены основные принципы организации грид-инфраструктуры и примеры реализации некоторых проектов грид.

Во второй главе проведен анализ распределенной грид инфраструктуры LCG в сочетании со схемой потоков данных в современных экспериментах по ФВЭ. Описана специфика анализа данных эксперимента HERMES, а также проведен анализ факторов, определяющих вычислительные потребности по созданию симулированных Монте-Карло выборок больших объемов, нацеленных на описание эксперимента HERMES.

Обычно во всех современных экспериментах используется одинаковый стандарт представления данных, как для Монте-Карло событий, так и для реальных экспериментальных событий (рис. 1). Используя физические генераторы моделирования событий (такие как PYTHIA, LEPTO и др.) для конкретного процесса симулируются множество треков, которые затем проводятся через конкретный детектор с помощью специальной программы, содержащей полную информацию о геометрии установки (GEANT), затем производится оцифровка откликов различных детекторов. Схематически описанная выше схема изображена в левой части рисунка, точно по такой же схеме производится обработка реальных событий, получаемых с экспериментальной установки (правая часть рисунка). Наличие обоих компонентов, а именно Монте-Карло событий и реальных событий, позволяет рассчитывать такие важные характеристики установки, как импульсные и угловые разрешения, «акцептанс» и т.п., а также производить сравнения распределения различных кинематических переменных в реальных данных и Монте-Карло событиях. Следует особо отметить, что стандартизация обработки данных, как реальных, так и Монте-Карло, соблюдается на всех уровнях, включая программы реконструкции заряженных треков.

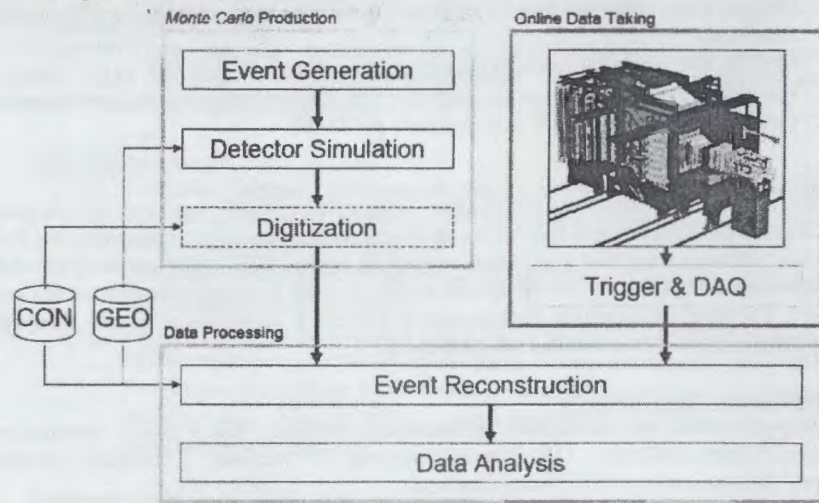


Рис. 1. Потоки данных в ФВЭ

Помимо указанных целей по вычислению акцептанса и разрешения экспериментальной установки, а также сравнения кинематических распределений, полученных из реальных данных и Монте-Карло симуляций, еще одной важной функцией Монте-Карло является расчет систематических ошибок эксперимента. Кроме того, ввиду

чрезвычайной сложности исследуемых объектов и, как следствие, практического отсутствия прямых измерений в ФВЭ, ни один современный эксперимент не может обойтись без Монте-Карло симуляций, в основе которых лежат наиболее полные теоретические представления (модели), относящиеся к физике высоких энергий.

Для моделирования экспериментов используются специальные программы Монте-Карло, являющиеся частью совокупности HERMES ориентированного программного обеспечения и включают в себя три основные составляющие:

1. генерацию событий
2. моделирование прохождения частиц через экспериментальную установку
3. моделирование откликов детекторов.

Ввиду особой вычислительной трудоемкости, в сочетании с огромными объемами выходной информации для создания баз симулированных Монте-Карло данных, выявилась необходимость объединения компьютерных ресурсов ЕрФИ и Армкластера и вовлечения грид инфраструктуру LCG, которая позволит физикам ЕрФИ поддерживать и развивать полноценное участие в работе по анализу данных коллаборации HERMES, а также в других международных коллаборациях.

В третьей главе описан способ построения грид LCG из кластеризованных ресурсов, используя промежуточное программное обеспечение gLite. ППО gLite является распределенным комплексом: его компоненты устанавливаются в различных точках грид и взаимодействуют между собой по локальной или глобальной сети. Базовыми структурными компонентами выступают службы, то есть программные единицы, которые полностью реализуют отдельные функции. Созданная на базе комплекса Армкластер грид инфраструктура, содержит две составляющие: ресурсную и программную. Ресурсная составляющая имеет двухуровневую структуру: в грид включаются не отдельные ресурсы, а ресурсные центры. Если иметь в виду компьютерные ресурсы, то соответствующие центры в ППО gLite называются Computing Element (CE). Каждый такой ресурсный центр включает множество компьютеров (исполнительные компьютеры), предназначенных для выполнения заданий. Исполнительные компьютеры кластеризованы: они управляются локальным менеджером - системой пакетной обработки, которая имеет собственный интерфейс управления заданиями и обеспечивает их обработку, поддерживая очередь и распределяя задания по ресурсам своего CE.

Включение ресурсного центра - кластера - в грид происходит путем установки в его локальной среде основных служб gLite, которая имеет грид-интерфейсы для приема запросов по управлению заданиями. Получая запросы, служба реализует их через локальные интерфейсы системы пакетной обработки. Похоже обстоит дело с ресурсами хранения, только здесь ресурсным центром выступает хранилище данных - Storage Element (SE), которое может включать несколько разных типов реальных устройств хранения, а вместо системы пакетной обработки выступает менеджер ресурсов памяти.

Программная составляющая, в качестве которой выступают компоненты gLite представлена во-первых, пользовательскими интерфейсами, и во-вторых, службами. Пользовательские интерфейсы устанавливаются на рабочих местах и представляют собой утилиты, вызываемые из командной строки. Помимо того, есть еще инфраструктурные службы, входящие в состав различных систем gLite. Такие службы используются всеми клиентскими программами, работающими в гриде, и могут быть установлены единственным на всю инфраструктуру экземпляре. Отметим, что хотя архитектура грида рассчитана на гетерогенную ресурсную базу использование произвольных платформ в качестве серверов, реализация gLite выполнена

только для операционной системы Scientific Linux. Ниже перечислены основные элементы, внедренные на базу комплекса АрмКластер, и их назначение:

**CE (Computing Element)** – предназначен для установки на управляющий узел вычислительного кластера. Данный элемент предоставляет универсальный интерфейс к системе управления ресурсами кластера и позволяет запускать на кластере вычислительные задания;

**SE (Storage Element)** – предназначен для установки на узел хранения данных. Данный элемент предоставляет универсальный интерфейс к системе хранения данных и позволяет управлять данными (файлами) в Грид-системе;

**WN (Worker Node)** – предназначен для установки на каждый вычислительный узел кластера. Данный элемент предоставляет стандартные функции и библиотеки LCG задачам, выполняющимся на данном вычислительном узле;

**UI (User Interface)** – Для пользователя - точка входа в Грид, реализует интерфейс командной строки Грид-системы. В этот элемент входят стандартные команды управления задачами и данными, которые детально рассмотрены в третьей главе;

**LFC (Local File Catalog)** – набор программ, реализующих файловый каталог Грид-системы. Файловый каталог необходим для хранения информации о копиях (репликах) файлов, а также для поиска ресурсов, содержащих требуемые данные;

**BDII (Information Index)** – набор программ, реализующих информационный индекс Грид-системы. Информационный индекс содержит всю информацию о текущем состоянии ресурсов, получаемую из информационных сервисов, и необходим для поиска ресурсов. Компоненты BDII – поставщики информации – собирают информацию о доступных ресурсах, заносят ее в информационную базу, а затем преобразуют эту информацию для публикации ее в грид. Для хранения информации используется реляционная база данных.

**MON (Monitor)** – набор программ для мониторинга вычислительного кластера. Данный элемент собирает и сохраняет в базе данных информацию о состоянии и использовании ресурсов кластера.

Грид сегмент АрмКластера находится в режиме «production» для виртуальной организации HERMES, и нескольких других ВО инфраструктуры SEE-Grid, и находится под наблюдением Центра Управления Грид (Grid Operations Center).

Гибкость реализованной модели, в зависимости от трудоемкости конкретной задачи, позволяет оптимально решать вопросы распределения вычислительных потоков между собственно объединенных ресурсов Армкластера и ЕрФИ, и, в случае особо трудоемких вычислений, переназначать задание в среду SEE-GRID.

В четвертой главе описываются программные средства, разработанные в рамках данной работы. Для параллельной установки ПО экспериментов, в рамках данной работы, были разработаны сценарии, и программные средства (SW-Installer и CEAT), описание которых приводится далее.

Программа SW-Installer, модель которой приводится на рис. 2, предназначена для параллельной установки ПО экспериментов сразу на нескольких ВЭ и содержит следующие модули:

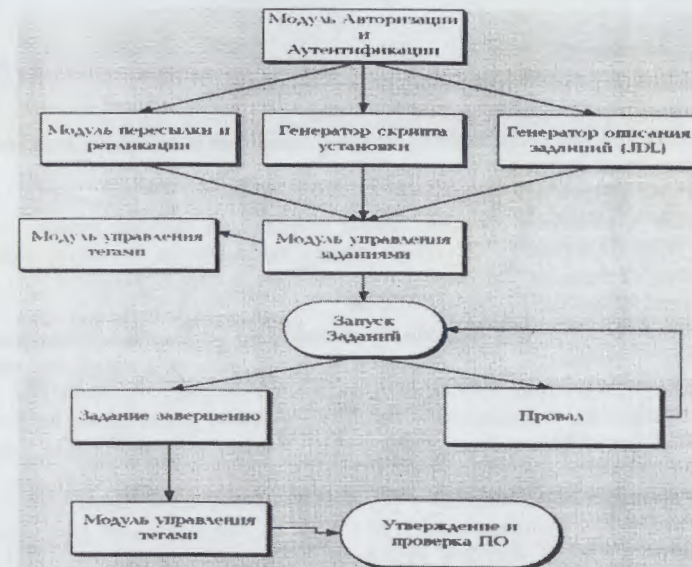


Рис. 2. Модель SW-Installer

- **Файл Конфигурации**

Файл доступен только Менеджеру ПО экспериментов данного ВО и должен приспособлен соответственно требованиям ВО. Переменные, которые надо определить –

- Наименование ВО (\$vo\_name="hermes")
- Название предпочтительного элемента хранения (Storage Element) (\$se="srm-dcache.desy.de")
- Путь к хранилищу программных средств (которые должны устанавливаться) (\$sw\_path="/afs/desy.de/group/hermes/r24/")
- Путь к списку ВЭ, на которых будут установлены программные средства. Список может быть сгенерировано заранее, используя разработанную программу в рамках данной работы, программу CEAT, описанную далее в этой главе, или можно получить с централизованной системы мониторинга Centralized Service Availability Monitoring (CSAM) (\$ce\_list="/afs/desy.de/group/grid/Mkoyan/ce\_list")

- **Модуль Авторизации и Аутентификации**

Так как это не обычное задание, а задание установки Менеджеру ПО экспериментов, оно должно быть авторизировано с соответствующей ролью «lcgadmin». Команда: voms-proxy-init -verify -voms hermes:/hermes/Role=lcgadmin. Этот модуль проверяет наличие действующего прокси-сертификата соответствующей роли и, в случае необходимости, проводит сессию авторизации.

- **Модуль пересылки и репликации**

Программные средства рекурсивно копируются на предпочтительный элемент хранения и создаются соответствующие реплики на ключевых элементах хранения данного ВО.

- **Генератор скрипта установки.**

Из предопределённых шаблонов создаются скрипты установки ПО.

- **Генератор описания заданий (JDL)**

Из predefined шаблонов создаются описания заданий. Здесь же автоматически предписывается имя ВЭ, на котором будут установлены ПО.

Requirements = other.GlueCEUniqueID = "\$ce";

Для каждого ВЭ уже сгенерирован скрипт установки и описание задания. Следующий модуль запускает задание.

- Модуль управления заданиями запускает задания по назначению и производит мониторинг в реальном времени. Число запущенных заданий равно числу ВЭ. На каждом этапе Менеджер ПО экспериментов уведомляется о статусе заданий пока не выполнятся все задания. При необходимости задание перезапускается.

- Модуль управления тегами

Как уже было описано в этой главе на каждой фазе установки («установка в процессе», «установка завершена», «согласование в процессе», «согласование завершено»), в информационной системе должны быть изданы теги о статусе данного ПО.

В фазе «установка в процессе» - тег `VO-$vo-$sw-in_preparation` где \$vo – название виртуальной организации, \$sw – название ПО. Например `hermes-hmc-in_preparation`.

В фазе «установка завершена» - тег - `VO-$vo-$sw-installation_complete`

В фазе «согласование в процессе» - тег - `VO-$vo-$sw-to-be-validated`

После проверки и согласования ПО, в фазе «согласование завершено» издается окончательный тег `VO-$vo-$sw (VO-hermes-hmc)` в Информационной Системе. Уже пользователи могут использовать ПО `hmc` на всех ВЭ виртуальной организации добавляя ссылку на ПО в описании заданий:

Requirements = other.GlueCEUniqueID = "grid-ce0.desy.de:2119/jobmanager-lcgpbs-hermes" && (Member("VO-hermes hmc", other.GlueHostApplicationSoftwareRunTimeEnvironment));

На рис. 3 приводится модель процесса установки.

1. С пользовательского интерфейса извлекается список ВЭ из централизованной или локальной системы мониторинга
2. Программное обеспечение (на рисунке обозначен как SW) копируется на предпочтительный элемент хранения. Параллельно запускается задание.
3. Создаются копии программного обеспечения на других более «близких» элементах хранения.
4. На ВЭ извлекается ПО из элементов хранения. После четвертого шага задание и ПО находятся на ВЭ.

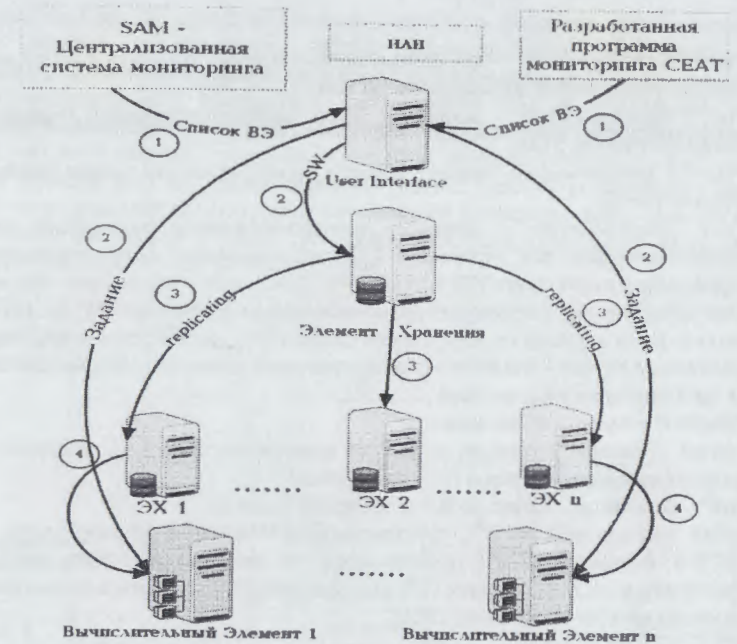


Рис. 3 модель интегрирования ПО

По причинам планового обслуживания или по другим техническим причинам всегда Вычислительные Элементы доступны с данного кластера. Следовательно, при установке программных средств и библиотек очень важно иметь действительный список доступных ресурсов. Список всех доступных ВЭ можно получить с централизованной системы мониторинга Service Availability Monitoring (SAM). Информаций о состоянии ресурсов в централизованной системе обновляется с интервалом в несколько часов, состояние публикуется относительно централизованной системе.

Как показали наши опыты, часто во время проверки состояния ресурсов с данного кластера результаты централизованной системы не соответствуют реальности. Например не доступен с централизованной системы, но доступен с данного кластера. Это привело к необходимости разработки собственных программных средств для мониторинга ВЭ.

**Программа SEAT (Computing Element Availability Tester)** предназначена для удостоверения наличия действительных ВЭ до установки ПО экспериментов.

Созданные тесты в виде задания рекурсивно посылаются на все ВЭ виртуальной организации, имитируя процесс установки ПО тем самым проверяя функциональность каждого ВЭ. Задание и тесты собраны в саморазворачивающийся архивированный исполнимый файл, вывод которого отчет по каждому ВЭ в формате HTML. Данный формат удобен для визуального представления информации о доступности ВЭ с возможностью последующей публикации на веб-сервере. Далее приведены описания тестов, анализ результатов которых, можно дать однозначную оценку о функционировании ВЭ.

- Тест `CE-sft-lcg-rm-cr` создает, копирует и регистрирует небольшой текстовый файл на предпочтительный ресурс хранения. Затем извлекает список копий данного файла.

- Тест *CE-sft-lcg-rm-rep* - на центральном элементе хранения создает копии файла зарегистрированный предыдущим тестом.
- Тест *CE-sft-lcg-rm-cp* - копирует файл, зарегистрированный первым тестом на Исполнительном Узле.
- Тест *CE-sft-lcg-rm-del* - стирает копии и регистрационные записи файла созданного первым тестом.
- Тест *CE-sft-vo-swdir* - выявляет зарезервированное специальное пространство предназначенное для установки ПО экспериментов. Если переменная заданна правильно и директория *VO\_\${VO}\_SW\_DIR* существует, значит, тест удался.
- Тест *CE-sft-vo-tag* - проверяет наличие команды *lcg-ManageVOTag*, для управления тегами. Если команда не доступна на данном ВЭ – тест в режиме предупреждение, в противном случае – извлекает список программ установленных на данном ВЭ.

Определим три состояния тест-заданий:

1. “aborted” – прекращение задания
2. “failed” – задание достигает до ВЭ, но выполнение одного из тестов не удается или один из тестов находится в состоянии отказа.
3. “ok” – задание достигает до ВЭ и все тесты удаются.

После запуска тест-заданий на ВЭ, программа CEAT анализирует результаты. Отчеты по каждому ВЭ в формате HTML публикуются на веб-сервере мониторинга. Отдельно сохраняется список всех действенных ВЭ, для дальнейшей установки и согласование ПО. На рис. 4 приводится модель программы CEAT.

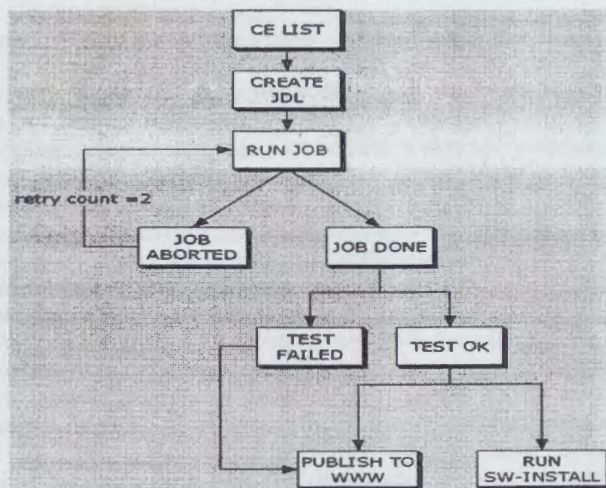


Рис. 4 модель CEAT

Изначально разработанная программа CEAT задумывалась как дополнение к программе SW-Installer, но так же используется как самостоятельный инструмент для мониторинга функционирования ВЭ с локального кластера.

#### Система Grid-UI для HERMES.

Для запуска нескольких типов задач эксперимента HERMES в рамках данной работы была реализована программа Grid-UI, которая предоставляет доступ к вычислительным ресурсам грид-сегмента, дает пользователям механизм запуска задания с возможностью описания самого задания и требуемых заданию ресурсов. Для каждого типа задания разработан и

предопределён шаблон и дружественный интерфейс, с помощью которого генерируется конкретное задание. Пользователю также предоставляется возможность получения информации о выполнении задания и количестве потребленных ресурсов, а также управление заданием. С помощью этого компонента пользователи грид по стандартным протоколам осуществляют взаимодействие с грид сегментом. Пользователю предоставляется механизм безопасной передачи данных, с помощью которого он может отправить необходимые для выполнения задания данные. Таким образом, система Grid-UI обеспечивает связь между существующими грид инфраструктурами и локальным сегментом грид. Архитектура Grid-UI (рис. 5) основана на модели с тремя составляющими: пользовательская часть (фронт-енд), серверная часть (бэк-энд) и модуль мониторинга.

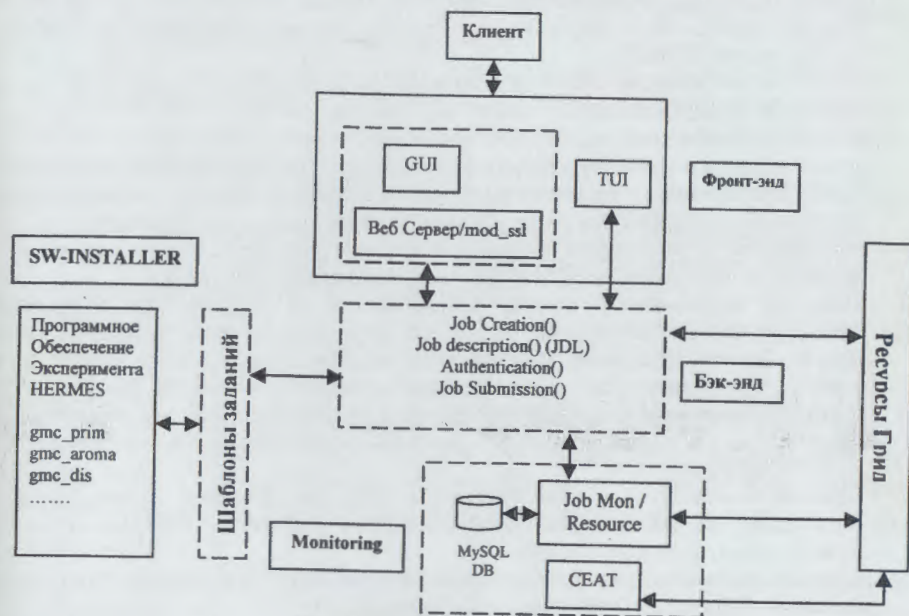


Рис. 5: Архитектура системы Grid-UI

Основными компонентами модулей являются:

#### Фронт-энд

- Графический пользовательский интерфейс (GUI), предоставляет доступ к серверу Grid-системе из браузера и позволяет выполнять все основные операции по управлению заданиями.
- Неграфический (text-mode) пользовательский интерфейс (TUI), все возможности GUI, плюс модуль управления данными в грид.

#### Бэк-энд

- Метод создания заданий.
- Метод генерации описания заданий из предопределенных шаблонов
- Метод аутентификации
- Метод запуска заданий

#### Мониторинг

- Метод мониторинга заданий

- Мониторинг Вычислительных элементов
- Информация о доступных ресурсах грид

Основные результаты и выводы

1. Проведен анализ распределенной грид инфраструктуры LCG в сочетании со схемой потоков данных в современных экспериментах по ФВЭ.
2. Описана специфика анализа данных эксперимента HERMES, а также проведен анализ факторов, определяющих вычислительные потребности по созданию симулированных Монте-Карло выборок больших объемов, нацеленных на описание эксперимента HERMES.
3. Ввиду особой вычислительной трудоемкости, в сочетании с огромными объемами выходной информации для создания баз симулированных Монте-Карло данных, выявлена необходимость объединения компьютерных ресурсов ЕрФИ [1] и АрмКластера и вовлечения в грид инфраструктуру LCG, которая позволит физикам ЕрФИ поддерживать и развивать полноценное участие в работе по анализу данных коллаборации HERMES, а также в других международных коллаборациях.
4. Предложена и реализована модель прототипной грид-среды на базе совокупных вычислительных ресурсов ЕрФИ [1] и Армкластера ИПИА НАН РА
5. Гибкость реализованной модели, в зависимости от трудоемкости конкретной задачи, позволяет оптимально решать вопросы распределения вычислительных потоков между собственно объединенных ресурсов Армкластера и ЕрФИ, и, в случае особо трудоемких вычислений, переназначать задание в среду SEE-GRID.
6. Физики Ереванского Физического Института получили уникальную возможность доступа к экспериментальным данным, накопленным в коллаборации HERMES.[2,3]
7. Создана модель и инструментальные средства для удаленной и параллельной интеграции и согласования программного обеспечения экспериментов на вычислительные элементы грид.[4]
8. Создана модель и инструментальные средства для мониторинга доступных вычислительных элементов с локального кластера.[4]
9. Реализован интерфейс для описания, запуска и слежения нескольких типов Монте-Карло генераторов, моделирующих физические процессы эксперимента HERMES.[2,3]

Перечень публикаций по теме диссертации

1. Karen Mkoyan “Yerevan Physics Institute Steps Towards an LHC Computing Grid” Mathematical Problems of Computer Science 29, 2007, стр. 21-25, ISSN 0131-4645
2. Ara A. Grigoryan, Artem T. Harutyunyan, Arsen R. Hayrapetyan, Karen S. Mkoyan “Grid in the Yerevan Physics Institute: History and Current Status”, Сб. Трудов межд. конференции CSIT-2007, Ереван, 2007г., стр. 215-217, ISBN 978-99941-2-086-4
3. Karen Mkoyan “Grid-TUI: A Software Framework to Manage the Submission of Monte Carlo and Physics Analysis Jobs to the Grid”, Сб. Трудов межд. конференции CSIT-2007, Ереван, 2007г., стр. 224-226, ISBN 978-99941-2-086-4
4. Karen Mkoyan, “Custom Software Installation and Availability Assurance of Computing Elements in LHC Grid”, Mathematical Problems of Computer Science 30, 2008

ԱՄՓՈՓՈՒԳԻՐ  
Կարեն Սարգսի Մկոյան

Գրիդ միջավայրում “Հերմես” գիտափորձի Մոնտե-Կարլո խնդիրների թողարկման վերահսկման ծրագրային միջոցների նախագծում և իրականացում

Ատենախոսական աշխատության նպատակն է՝

- Մշակել և իրականացնել ծրագրային միջոցներ “Հերմես” գիտափորձի ծրագրապահովման հեռահար և զուգահեռ մեթոդով գրիդ միջավայր ինտեգրացման հաստատման համար, հաշվի առնելով “Հերմես” գիտափորձի ծրագրապահովման առանձնահատկությունները:
- Մշակել և իրականացնել ծրագրային միջոցներ, որոնք կնպաստեն գիտափորձի միջավայրում “Հերմես” գիտափորձի Մոնտե-Կարլո խնդիրների թողարկման վերահսկման գործընթացի ավտոմատիզացմանը և անդունավետությամբ բարձրացմանը:

Կատարվել են հետևյալ աշխատանքները և ստացվել են հետևյալ արդյունքները՝

- Կատարվել է գրիդ ցանցերի ճարտարապետության, նրանում առաջադրված արձանագրությունների հետազոտություն
- Կատարվել է LCG գրիդի միջանկյալ ծրագրային ապահովման ֆունկցիոնալ հնարավորությունների հետազոտում
- ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ “Արմկլաստեր” համակարգի և Երֆի հաշվադական ռեսուրսների հենքի վրա տեղադրվել և կարգաբերվել են գրիդ միջավայրի համապատասխան ծրագրային միջոցներ: Մրդյունքում ստեղծվել է գրիդ ցանցի մոդել, որը ընդգրկվել է SEE-GRID (Հարավ-Արևմտյան Եվրոպայի) գրիդ ցանցում: Տվյալ աշխատանքի իրականացվել է Երֆի-ԻՊԻԱ համատեղ պետական նպաստակային ծրագրի շրջանակներում:
- Մշակվել է մոդել և համապատասխան ծրագրային միջոցներ “Հերմես” գիտափորձի ծրագրային միջոցների հեռահար և զուգահեռ մեթոդով գրիդ միջավայր ինտեգրացման և հաստատման համար, հաշվի առնելով “Հերմես” գիտափորձի ծրագրային ապահովման առանձնահատկությունները: Ներդրված է D գիտական կենտրոնում:
- Ստեղծվել է գրիդ ցանցում թողարկվող խնդիրների նկարագրման ընդլայն ճարտարապետություն, այն իրականացվել է մի քանի Մոնտե-Կարլո խնդիրների նկարագրման, թողարկման և վերահսկման համար, համապատասխան գործիքային միջոցների և օգտագործողի գրաֆիկական ինտերֆեյսի մշակման և ներդրված միջոցով:

Karen Mkoyan

Developing a Software Framework to Manage the Submission of Monte-Carlo Jobs to the Grid