

Визуализация мониторинга грид-инфраструктуры WLCG/EGEE как географически распределённой системы

С.В. Мицын

e-mail: svm@mammoth.jinr.ru, Лаборатория информационных технологий, ОИЯИ, Дубна

Введение

Одним из принципов в концепции грид систем является децентрализация. Это свойство гридов позволяет создавать системы, распространяющиеся за административные и политические границы. Этот принцип также учитывался при создании крупнейшей европейской грид инфраструктуры – WLCG/EGEE, объединяющей большое число вычислительных центров и пользователей грида на территории Европы и, на данный момент, всего мира.

Мониторинг систем является необходимым условием их управляемости – для принятия решений об управлении системой необходимо знать её состояние. Реализация надёжного процесса мониторинга системы, состоящей из множества разнородных элементов и административных доменов со своими правилами и политиками администрирования, является чрезвычайно сложной задачей.

Одной из очевидных составных частей задачи мониторинга системы является представление результатов процесса мониторинга, и, в частности, визуализация, удобная для восприятия человеком.

Постановка задачи

Цель – создать систему визуализации мониторинга грид-инфраструктуры EGEE как географически распределённой системы.

Требования к такой системе:

- Наглядность географического распределения составных частей системы.
- Визуализация взаимодействия составных частей и активности пользователей грид-инфраструктуры EGEE.

Проектирование

В инфраструктуре EGEE самым активно развивающимся проектом в области мониторинга[1] является проект Dashboard[2], созданный в рамках CERN специально для обобщённого мониторинга грид-инфраструктуры EGEE. В данный момент он представляет услуги мониторинга для четырёх экспериментов LHC, представленными крупнейшими и ключевыми виртуальными организациями в данной грид-инфраструктуре. Представление их деятельности в создаваемой системе визуализации мониторинга вполне достаточно для того, чтобы наметить пути для дальнейшего развития; включение в мониторинг виртуальных организаций других пользователей грид-инфраструктуры, а также определения дополнительных требований по расширению системы.

В рамках проекта Dashboard пользователям, включенным в четыре поддерживаемых эксперимента (виртуальные организации) предоставляется перечень услуг, включающий:

1. мониторинг исполнения задач, в том числе количество отправленных, исполняющихся и завершённых задач на каждом грид-сайте, а также мониторинг успешности исполнения задачи и коды завершения исполнения;
2. отношений отправитель-исполнитель задачи по отношению к сайту, отправившему конкретную задачу, и сайту, принявшему эту задачу в очередь к исполнению;
3. передачи данных, в том числе передача файлов между элементами хранения данных и пользователями.

В то время как виртуальные организации являются географически нелокализованными сущностями, сайты, на которых происходит их деятельность, имеют выраженное свойство локализованности, то есть имеют точное положение на карте, определяемое парой координат широта-долгота.

Очевидно, что представленных выше данных вполне достаточно для использования в качестве входных данных прототипа системы визуализации мониторинга.

Таким образом, можно сформулировать окончательные требования к реализации системы мониторинга грид-инфраструктуры EGEE:

1. визуализация сайтов как географически распределённых объектов системы;
2. визуализация мониторинга исполнения задач, включая отправку задач на счет и результатов счета к пользователям, а также передачу данных как взаимодействие элементов системы;
3. поддержка различных источников однотипных данных, например, для каждой виртуальной организации;
4. расширяемость в сторону поддержки новых видов отображаемых данных.

Приложение “Google Планета Земля” как база для географически-ориентированной визуализации мониторинга

Постановка задачи визуализации грид-инфраструктуры как географически распределённого объекта задает необходимость отображения данных мониторинга с привязкой к географическим данным и, как следствие,

интеграции системы мониторинга с геоинформационными системами. В случае выбора стратегии, основанной на использовании стороннего ГИС-приложения, возникает проблема разработки требований для него.

Пользовательский интерфейс системы, с учетом требований к системе мониторинга, должен предоставлять следующие возможности:

1. отображение географически привязанных данных в виде графических объектов на карте мира;
2. динамическую подстройку под изменяющуюся грид-инфраструктуру.

В качестве основы пользовательского интерфейса было выбрано приложение “Google Планета Земля”[3]. Бесплатная версия приложения распространяется по лицензии, включающей возможность коммерческого и научного использования (<http://earth.google.com/intl/en-US/license.html>).

Программный интерфейс визуализации произвольных данных приложения “Google Планета Земля” выполнен в виде загружаемого из виртуальной файловой системы или из сети Интернет файла, содержащего данные, описанные на языке “язык географической разметки” (KML) – декларативном языке, основанном на языке структурирования документов “расширяемый язык разметки” (XML). Для динамической привязки данных используется механизм периодического обновления данных.

Приложение для своей работы требует подключения к сети Интернет, поддерживает операционные системы Windows и Linux.

Реализация

Система визуализации мониторинга выполнена в виде двух компонент: сервер файлов географической разметки (ФГР) и пользовательского интерфейса. В рамках данной системы пользовательский интерфейс, выполненный на основе приложения “Google Планета Земля”, взаимодействует с сервером ФГР и другими серверами, принадлежащими компании Google. Серверный компонент, в свою очередь, выполняет функции генерации файлов географической разметки и их публикации клиентам. Сервер получает следующие данные мониторинга:

1. информацию о географической привязке данных мониторинга;
2. данные мониторинга компонент грид-инфраструктуры – о компонентах и их взаимодействии.

Сервер отображает эти данные на географически привязанные динамические графические элементы и записывает их в генерируемый файл географической разметки. После этого файл географической разметки становится доступен по сети Интернет. Взаимодействие с приложением “Google Планета Земля” осуществляется через сервер гипертекстового протокола Апач.

Таблица 1: Структура слоев серверного компонента

N	Наименование слоя	Функциональность	Структурные компоненты
6	Веб-сервер	Обслуживание запросов клиентов	Веб-сервер Апач
5	Генератор ФГР	Генерация ФГР	Объект-генератор файлов географической разметки
4	Слой управления данными	Управление данными	Объекты-менеджеры, управляющие и агрегирующие данные в соответствии с заданными правилами.
3	Слой унификации доступа	Абстрагирование от специфики источников данных	Объекты, реализующие унифицированный интерфейс для доступа к данным для каждой виртуальной организации
2	Слой доступа к данным	Доступ к данным мониторинга	Объекты доступа к данным, специфические для источников данных
1	Слой хранения данных	Хранение данных	Базы данных мониторинга, соответствующие различным данным и виртуальным организациям

Реализация не затрагивает такие задачи мониторинга, как сбор и хранение данных. Таким образом, изменения в функциональности системы, решающей эти задачи, не потребует изменений в системе визуализации мониторинга.

Сервер файлов географической разметки

Функциональность сервера файлов географической разметки распределена согласно шаблону проектирования “слои” и состоит из 6 слоев с четко разделенной функциональностью и ответственностью (Таблица 1). Поток данных мониторинга направлен снизу вверх, управление – сверху вниз.

Базы данных выведены в отдельный структурный слой – слой хранения данных. Система визуализации мониторинга не включает базы данных и не выполняет функции хранения данных, но, являясь составным компонентом большей системы мониторинга [4], явно взаимодействует с базами данных.

Слой доступа к данным абстрагирует способ доступа к данным от самих данных. Реализованные способы доступа к данным включают прямое подключение к базам данных, а также обращение к программным интерфейсам веб-служб, являющихся источниками данных мониторинга.

Слой унификации абстрагирует вышележащие слои от специфики данных мониторинга однотипных, но различных составных частей грида, а также активности различных виртуальных организаций. Так, например, в случае если сбором и хранением данных мониторинга управляют сами виртуальные организации, то могут использоваться различные правила агрегации данных. На данный момент этот слой состоит из 4-х объектов, соответствующих виртуальным организациям экспериментов ЛНС. Выделение функциональности унификации также позволяет использовать существующие методы доступа к данным, создавая объекты-адаптеры для каждого типа данных.

Слой управления данными задает правила и алгоритмы сбора и агрегации данных, полученных из разных источников.

Схема данных

Диаграмма потоков данных, отображающая потоки между основными функциональными компонентами, показана на рисунке 35.



Рис. 1: Диаграмма потоков данных

Данные, циркулирующие в приложении, делятся на 2 типа: неунифицированные данные мониторинга, унифицированные данные мониторинга и файл географической разметки.

Неунифицированные данные мониторинга

имеют свою специфику для каждого источника данных – например, различная агрегация или ее отсутствие. Для каждого типа неунифицированных данных создается свой объект слоя унификации данных, транслирующий с той или иной точностью данные мониторинга в требуемый формат.

Унифицированные данные, над которыми работают алгоритмы, лежащие в основании приложения, разделены на 4 типа:

1. данные об отображении грид-сайтов на географическую карту;
2. количество задач, завершившихся удачно и неудачно за данный интервал времени, а также запущенных на сайте в конечный момент данного интервала времени;
3. количество задач, запущенных к исполнению с определенного сайта на определенном, возможно, другом, сайте;
4. количество файлов и объем данных, переданных с одного сайта на другой средствами грида.

В то время как типы 2-4 представляют собой простое отображение из идентификаторов сайтов (или пары идентификаторов) в соответствующие значения, тип 1 является нетривиальным ввиду сочетания следующих двух проблем:

1. данные типов 2-4, получаемые от виртуальных организаций, представляют собой отображение из имен сайтов, принятых в самих виртуальных организациях, и не всегда совпадающие с общепринятыми;
2. есть необходимость визуализация на карте сайтов, принятых внутри виртуальных организаций.

В ходе реализации пришлось столкнуться с проблемой отображения сайтов виртуальных организаций в реальные сайты: отображение является не один в один (1:1), а M:N, где M – число виртуальных организаций (ВО), а N – число реальных сайтов, поддерживающих эти виртуальные организации.

Для решения этой проблемы от виртуальных организаций требуются источники данных, предоставляющие отображение виртуальных сайтов в реальные и реальных сайтов – в координаты на карте. В случае если требуется визуализация сайтов в терминах ВО, виртуальные сайты получают координаты реальных сайтов согласно прямому отображению, так как такая постановка задачи сразу отрицает агрегацию данных различных ВО.

Для случая, когда нужно агрегировать данные от различных виртуальных организаций, был разработан алгоритм, объединяющий сайты обоих множеств в кластеры. Здесь кластеры – абстрактные сущности, объединяющие сайты в непересекающиеся множества по правилу достижимости в двудольном ненаправленном графе,

образованном отображением сайтов ВО в реальные сайты. В качестве координат сайта берутся координаты реального сайта, принадлежащего этому кластеру, по следующему правилу:

1. реальный сайт является общим для всех сайтов ВО (если таких сайтов несколько – выбирается любой из них);
2. любой реальный сайт.

В дальнейшем на карте в виде сайтов отображаются кластеры, и данные агрегируются по кластерам.

Формат файла географической разметки задан согласно описанию компании Google (http://earth.google.com/intl/ru/userguide/v4/ug_kml.html). Ввиду особенностей данного формата, визуализация грида в динамике является ресурсоемким процессом: данный аспект визуализации реализуется через возможность анимации в приложении “Google Планета Земля”. Данная функциональность реализована как визуализация относительно простых графических элементов – точек (пиктограмм), отрезков, линий, полигонов – в определенный интервал времени, и отсутствие вне этого интервала. Таким образом, процесс анимации определенного события в гриде состоит в а) отображении на карте графических элементов и б) назначении для них определенного временного интервала, во время которого они будут отображаться.

Как показали эксперименты, отображение реальных событий в анимацию 1:1 является ресурсоемким – размер файла географической разметки увеличивается настолько, что задержки при его передаче становятся недопустимо большими. Для сокращения размера ФГР используется купирование анимационной составляющей визуализации: отображаются не все события. Для сокращения отображенных событий их количество логарифмируется, после чего они располагаются на полном анимационном интервале в случайном порядке. Метод логарифмирования показал свою эффективность при сокращении размера ФГР и, при этом, не сильно влияет на соответствие анимации реальным данным мониторинга. Конкретные коэффициенты – такие, как основание логарифмирования – в каждом отдельном случае должны подбираться индивидуально в зависимости от ожидаемого количества событий.

Пользовательский интерфейс

Для динамического мониторинга в реальном времени используются возможность приложения “Google Планета Земля” периодически получать новый файл географической разметки по сети Интернет по протоколу передачи гипертекста (http). В текущей реализации приложение обновляет ФГР каждые 10 минут [5]

Ядром пользовательского интерфейса является приложение “Google Планета Земля” (Рис. 2). Свойство динамичности выполнено с помощью

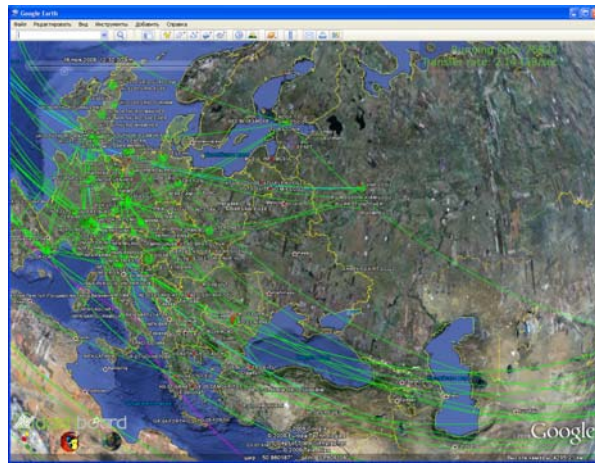


Рис. 2: Пользовательский интерфейс

функциональности анимации. В приложении анимированы следующие события:

1. передача файлов;
2. постановка задач на счет и возвращение результатов.

Каждый сайт (или кластер, если используется механизм агрегирования данных разных виртуальных организаций) обозначен на карте в виде круговой диаграммы, зеленая и красная составляющие которой обозначают соотношение успешно и неудачно выполненных задач соответственно. Размер диаграмм соответствует количеству исполняющихся задач на данный момент.

Заключение

Создано приложение для визуализации мониторинга грид-инфраструктур и активности пользователей на них, являющееся важной подзадачей общего мониторинга грид-инфраструктур. На данный момент осуществляется визуализация деятельности виртуальных организаций экспериментов на LHC, принадлежащих грид инфраструктуре WLCG/EGEE. Данная работа является одним из важных этапов продвижения к более совершенным системам представления данных мониторинга.

Список литературы

- [1] J.Andreeva, S.Belov, I.Sidorova, E.Tikhonenko et al., Dashboard for the LHC experiments J.Phys.Conf.Ser., 119:062008, 2008.
- [2] <http://dashboard.cern.ch/>
- [3] <http://earth.google.com>
- [4] <http://lcg.web.cern.ch/LCG/monitor.htm>
- [5] B. Gaidioz, R. Rocha, S. Mitsyn, M. Devesas Campos. Dashboard Earth User's Guide <http://dashb-cms-job-devel.cern.ch/dashboard/doc/guides/service-monitor-gearth/html/user/index.html>