

# Облачный сервис управления комбинированными вычислительными инфраструктурами

Сухорослов О.В. (к.т.н., с.н.с. ИППИ РАН), Колпаков В.Г. (асп. ИППИ РАН)

oleg.sukhoroslov@gmail.com

## Аннотация

В докладе рассматривается прототип облачного сервиса, предназначенного для создания и использования комбинированных вычислительных инфраструктур (КВИ). Обсуждается проблема построения КВИ, в частности сложности возникающие при развёртывании КВИ с помощью существующих на данный момент решений. Предлагаемый подход, основанный на модели SaaS, позволяет радикально упростить процедуры развёртывания и использования КВИ для нужд небольших групп и отдельных исследователей. Подробно описаны архитектура, принципы реализации и особенности предложенного решения.

## Расширенные тезисы доклада

Современные научные исследования неразрывно связаны с проведением сложных расчетов и использованием высокопроизводительных вычислительных ресурсов. В настоящее время в распоряжении исследователей имеется целый спектр подобных вычислительных ресурсов, включая отдельные сервера и рабочие станции, кластеры и суперкомпьютеры, грид-системы и облачные инфраструктуры. При этом остро стоит проблема объединения вычислительного потенциала доступных исследователям ресурсов в комбинированные вычислительные инфраструктуры (КВИ) для решения сложных научных задач. Решение данной проблемы позволило бы многократно повысить производительность исследований и эффективность использования ресурсов.

Существующие технологии не в полной мере решают указанную проблему. Грид-технологии (Globus Toolkit, gLite, Unicore) позволяют организовать разделяемый доступ к множеству вычислительных ресурсов с возможностью автоматического распределения заданий между ресурсами. Однако данные технологии ориентированы только на определенный класс ресурсов (кластеры или персональные компьютеры), при этом далеко не все ресурсы доступны через грид-системы. Грид-технологии сложны в установке, использовании и сопровождении, что затрудняет их применение в рамках небольших научных проектов или для создания персональных инфраструктур.

Альтернативным подходом к построению КВИ является применение метапланировщиков и программных средств (HTCondor-G, Nimrod-G, GridWay, DIRAC, Ganga), реализующих распределение и запуск заданий на заданном пуле вычислительных ресурсов. Данные средства позволяют сформировать КВИ из произвольного набора ресурсов различных типов. При этом, как правило, не требуется установка дополнительного ПО на ресурсах, что значительно облегчает создание КВИ. Вместе с тем, данные программные средства также обладают рядом недостатков. Остается необходимость установки и настройки ПО метапланировщика, как правило на постоянно доступном сервере с внешним IP-адресом. Ряд средств не реализуют многопользовательский режим, то есть ориентированы только на персональное использование. Другие средства поддерживают работу с КВИ нескольких пользователей, но только в рамках общего набора ресурсов, заданного администратором.

Для решения описанных проблем предлагается новый подход, заключающийся в создании облачного сервиса для управления КВИ на основе модели Software as a Service (SaaS). В отличие от существующих средств управления КВИ, все действия по конфигурации инфраструктуры и запуску вычислительных заданий с помощью сервиса осуществляются

через веб-браузер, без необходимости установки пользователем дополнительного ПО. При этом сервис поддерживает одновременную работу множества пользователей и функционирование множества независимых КВИ, созданных пользователями. Пользователи сервиса могут подключать к нему имеющиеся в их распоряжении вычислительные ресурсы и создавать персональные или коллективные КВИ с возможностью настройки разделяемого доступа. Описанные возможности позволят радикально упростить процедуры развертывания и использования КВИ для нужд небольших групп и отдельных исследователей.

Создаваемый сервис состоит из следующих основных компонентов:

- Пользовательский веб-интерфейс, обеспечивающий взаимодействие пользователей с сервисом;
- Подсистема выполнения, реализующая управление выполнением вычислительных заданий на заданных КВИ;
- Планировщик, осуществляющий планирование выполнения заданий на ресурсах КВИ;
- Набор адаптеров, обеспечивающих интеграцию сервиса с различными типами вычислительных ресурсов;
- Подсистема мониторинга, осуществляющая контроль состояния вычислительных ресурсов;
- Подсистема хранения данных, обеспечивающая долговременное хранение данных сервиса и его пользователей;
- Подсистема безопасности, реализующая аутентификацию пользователей и контроль доступа к ресурсам, инфраструктурам и заданиям.

Рассмотрим типовые сценарии работы пользователя с сервисом и то, как они реализуются в рамках предложенной архитектуры.

Первоначально пользователю необходимо подключить к сервису один или несколько вычислительных ресурсов, из которых будет формироваться КВИ. Данная процедура состоит в вводе пользователем сведений о ресурсе, таких как имя, тип и адрес ресурса, а также делегировании сервису полномочий по запуску заданий на ресурсе. Для ресурсов, доступных по протоколу SSH, делегирование реализовано путем настройки доступа к ресурсу при помощи SSH-ключа, сгенерированного сервисом. Данная операция не требует от пользователя прав администратора. Аналогичные механизмы делегирования могут быть реализованы для других типов ресурсов, например грид-инфраструктур. После подключения ресурса, сведения о нем сохраняются в подсистеме хранения данных, а подсистема мониторинга начинает собирать информацию о состоянии ресурса.

Для создания КВИ пользователю достаточно выбрать необходимые ресурсы из списка доступных. Также предусмотрена возможность настройки дополнительных параметров КВИ, таких как приоритеты ресурсов и права доступа. Последние позволяют пользователю предоставить доступ другим пользователям сервиса к запуску заданий в инфраструктуре. После создания КВИ, сведения о ней сохраняются в подсистеме хранения данных, и пользователь получает доступ к запуску заданий в инфраструктуре.

Ключевой функцией сервиса является выполнение вычислительных заданий пользователей в рамках КВИ. Помимо простых заданий, в рамках создаваемого сервиса планируется реализовать поддержку сложных типов заданий, состоящих из набора независимых (bag of tasks) или зависимых задач (workflow). Таким образом, в общем случае задание может состоять из одной или нескольких элементарных задач.

Для запуска задания пользователю необходимо ввести параметры задания и составных задач,

загрузить входные файлы и выбрать требуемую инфраструктуру. Параметры и данные задания сохраняются в подсистеме хранения данных, после чего задание передается подсистеме выполнения. В процессе выполнения задания пользователь может отслеживать его статус через веб-интерфейс сервиса, а также получить уведомление о завершении задания по электронной почте.

Подсистема выполнения является центральным компонентом сервиса, который активно использует в своей работе другие компоненты. В обязанности подсистемы выполнения входит контроль выполнения заданий с момента их создания до момента получения результатов всех задач. Для выбора ресурсов КВИ для запуска отдельных задач подсистема выполнения использует планировщик. Для этого планировщику передается список неназначенных задач, а также информация о состоянии ресурсов, полученная от подсистемы мониторинга. Подсистема выполнения осуществляет запуск задач на ресурсах, выбранных планировщиком, и осуществляет контроль состояния выполнения задач. В случае успешного выполнения задачи, ее результаты загружаются с ресурса в подсистему хранения данных. Подсистема выполнения также осуществляет контроль доступности ресурсов КВИ при помощи подсистемы мониторинга. В случае отказа ресурса, все назначенные ему задачи повторно запускаются на других ресурсах инфраструктуры.

Взаимодействие компонентов сервиса с вычислительными ресурсами осуществляется через адаптеры, скрывающие за унифицированным интерфейсом детали реализации доступа к ресурсам определенного типа. Данный подход позволяет постепенно расширять спектр поддерживаемых сервисом типов ресурсов путем реализации соответствующих адаптеров. В функции адаптера входят передача данных, запуск задач и получение информации о ресурсе. Данные функции используются подсистемами выполнения и мониторинга.

В рамках создаваемого сервиса необходимо обеспечить аутентификацию пользователей, контроль прав доступа к ресурсам, инфраструктурам и заданиям пользователей, а также защиту данных пользователей от несанкционированного доступа. К таким данным относятся пароли, реквизиты, используемые для доступа к ресурсам, входные файлы и результаты заданий. Указанные функции реализует подсистема безопасности сервиса, основанная на стандартных подходах. Для аутентификации пользователей используются пароли, хранимые с использованием адаптивной криптографической хеш-функции bcrypt. Для контроля прав доступа используется дискреционное управление доступом, в рамках которого у каждого объекта в системе (ресурса, инфраструктуры, задания) есть свой пользователь-владелец. По-умолчанию объект и связанные с ним данные доступны только его владельцу. Для хранения наиболее критичных данных используется симметричный алгоритм блочного шифрования AES. Защита данных, передаваемых по сети, обеспечивается при помощи протоколов TLS/SSL и SSH.

В настоящий момент ведется поэтапная разработка описанных компонентов в рамках рабочего прототипа сервиса, доступного в режиме онлайн для разработчиков и первых пользователей платформы. Подобный подход позволяет ускорить тестирование и внедрение новой функциональности за счет обратной связи от пользователей. Для реализации сервиса был выбран язык Scala из-за богатых возможностей в области организации асинхронных вычислений, а также сочетания функционального и объектно-ориентированного стилей программирования. В рамках текущего прототипа реализована поддержка создания КВИ, включающих серверы и вычислительные кластеры, и запуска заданий с одной или набором независимых задач. Проведены тестовые вычислительные эксперименты, подтверждающие работоспособность созданной реализации.

В рамках дальнейших исследований планируется развитие имеющегося прототипа сервиса, в том числе по следующим направлениям: расширение спектра поддерживаемых типов ресурсов, исследование и реализация различных стратегий планирования задач в КВИ, реализация поддержки создания коллективных инфраструктур.