Использование системы “Персональный виртуальный компьютер” в качестве инженерного облака

К.В. Бородулин, В.И. Козырев, Ф.М. Мелёхин (Южно-Уральский государственный университет)

Решение задачи средствами пакета программ для инженерного анализа (*CAE*) состоит из нескольких шагов, которые могут быть представлены в виде отдельных, независимых сервисов в составе потока работ. Набор таких сервисов часто является очень специфичным для сферы производства. Сервисы требуют различных вычислительных ресурсов для оптимального выполнения. Такие требования могут быть удовлетворены только вычислительными ресурсами, предоставляемыми облачной вычислительной системой. Предлагаемая статья посвящена описанию применения облачной системы “Персональный виртуальный компьютер” в качестве инженерного облака для выполнения научных задач в Лаборатории суперкомпьютерного моделирования Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-29-07959 офи-м. Статья подготовлена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011.

1. Введение

В концепции “Индустрия 4.0” термин цифровое производство представляется как **производство, управляемое данными и накапливающее знания** [1]. В таком производстве производственные процессы сопровождаются цифровыми моделями, представляющими процессы, системы и оборудование. Использование таких моделей позволяет выполнять моделирование процессов и оборудования, увеличивая эффективность и надежность производственных процессов посредством:

- предсказания и предотвращения аварийных ситуаций;
- поддержки и улучшения технологических процессов;
- автоматизации управления производством;
- оптимизации финансов.

Модели, моделирующие оборудование, могут быть реализованы методом конечно-элементного анализа, часто выполняемого в различных инженерных пакетах. Следует отметить, что модели могут иметь сложную структуру, которая требует применения нескольких методов для решения. Например, инженерный пакет *ANSYS* имеет в своем составе приложение *ANSYS Workbench,* которое позволяет в рамках единого интерфейса решать междисциплинарные задачи инженерного анализа.

Для примера возьмем анализ электродвигателя: решается электромагнитная задача, определяются потери в модели и действующая электромагнитная сила, после чего расчеты этих величин передаются в температурный модуль, где строятся температурные поля. Далее вычисленные температурные и электромагнитные поля служат источниками для прочностного расчета модели.

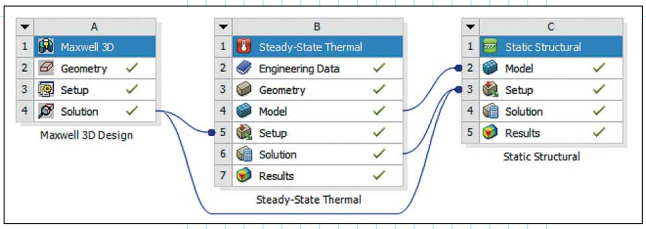

Рис. 1. Пример потока работ при инженерном расчете

1.1. Применение потоков работ

Решение задачи средствами инженерного пакета состоит из нескольких шагов, представляющих разные этапы решения. Примерами таких этапов могут быть:

- построение либо импорт геометрии;
- построение сетки;
- расчеты – решение задачи определенным решателем;
- визуализация полученного решения.

Данные этапы могут быть представлены в виде отдельных, независимых сервисов, взаимодействующими друг с другом. Этим же способом можно решать междисциплинарные задачи, требующие различных вычислительных методов.

Для реализации инженерного моделирования требуется организовать совместную работу таких сервисов в определенной последовательности, необходимой для выполнения расчета. Сделать это можно с помощью концепции потоков работ, обеспечивающей эффективное выполнение моделирования путем организации оптимального порядка выполнения сервисов.

Набор сервисов, предоставляющих этапы решения задачи, часто является очень специфичным для определенных классов задач. Таким образом, используя набор таких сервисов, можно определить предметную область задачи. Это позволяет использовать информацию о предметной области для управления вычислительными ресурсами – планирования выполнения потока работ, распределения и реплицирования данных [2].

Для оптимального выполнения наборы сервисов, предоставляющих этапы решения задачи, требуют

своих особых вычислительных ресурсов. К примеру, построение сетки требует большого объема оперативной памяти, но, зачастую выполняется только на одном вычислительном ядре. Решатель (солвер) требует большого количества вычислительных ресурсов и большой пропускной способности вычислительной сети.

Столь различные требования сервисов могут быть удовлетворены только вычислительными ресурсами, предоставляемыми облачной вычислительной системой. Облачная система позволяет выделять большой объем вычислительных, сетевых и ресурсов хранения, при этом для каждой задачи можно выделять ограниченный набор таких ресурсов, что повышает эффективность их использования. При этом, облачная вычислительная система предоставляет прозрачный доступ к вычислительным ресурсам, обеспечивая удобный интерфейс для их выделения пользователем.

1.2. Инженерное облако

Инженерное облако – это программно-аппаратный комплекс для проектирования и разработки изделий, *3D*-моделирования, проведения высокопроизводительных вычислений и инженерных расчетов, хранения электронной документации по изделию [3].

На крупных предприятиях и в корпорациях частные инженерные облака используются в течение всего жизненного цикла продукции. Расчетчик и конструктор с помощью центра удаленной визуализации создают в инженерном облаке электронную *3D*-модель, производят вычисления и записывают документацию по изделию. Технологи на основе *3D*-модели создают физический прототип, производят испытания и вносят коррективы в документацию в облаке. После того как начался серийный выпуск, инженеры обслуживают и ремонтируют изделия, согласно эксплуатационной документации. Таким образом, создается единое информационное пространство для виртуального проектирования изделий и для совместной работы специалистов предприятия.

1.3. Персональный виртуальный компьютер

Система "Персональный виртуальный компьютер" **(ПВК)** функционирует и развивается в ЮУрГУ с 2011 года [4]. В рамках системы ПВК каждому пользователю выделяется отдельная виртуальная машина или часть высокопроизводительного сервера с индивидуальным профилем. Для запуска ПВК пользователи используют личные ПК, ноутбуки, планшеты или другие устройства.

Подключение к ПВК производится с помощью приложения *Citrix Receiver* или через веб-браузер с поддержкой *HTML5*. В результате пользоваться ПВК могут как обладатели старых ПК со слабыми конфигурациями, так и пользователи с современными устройствами. Благодаря применению виртуализации приложений, работа с системой ПВК происходит в бесшовном режиме, как если бы ПО было установлено на компьютер пользователя [5].

Для решения инженерных задач система ПВК позволяет эффективно выделять вычислительные ресурсы облака, получая информацию о проекте. Так, для небольших задач используются узлы кластера "СКИФ Урал" с 8 *Gb* оперативной памяти, а для моделирования сложных изделий и конструкций выделяются сервера с памятью 48 *Gb* и более [6].

1.4. Цели и задачи

Целью работы является описание применения облачной системы "Персональный виртуальный компьютер", реализованной в ЮУрГУ, как инженерного облака, предоставляющего решение для эффективного и прозрачного выполнения задач инженерного моделирования на суперкомпьютерах ЮУрГУ [7].

Для этого требуется решить следующие задачи:

- выполнить обзор существующих решений инженерных облаков для определения основных функциональных особенностей, предоставляемых такой системой;
- определить модель инженерного облака, описать его структуру и основные компоненты;
- определить архитектуру инженерного облака, реализуемую на базе имеющейся облачной системы "Персональный виртуальный компьютер";
- описать схему выполнения расчета средствами инженерного пакета *ANSYS* в инженерном облаке на базе системы ПВК.

Статья организована следующим образом. В разделе 2 приводится обзор имеющихся систем, реализующих концепцию инженерного облака. В разделе 3 рассматривается предлагаемое решение по организации инженерного облака в ЮУрГУ на базе облачной системы "Персональный виртуальный компьютер", приводится архитектура облака, дается описание подходов к выполнению инженерных задач с использованием этого облака. В разделе 4 описываются результаты работы и предлагаются направления дальнейших исследований.

2. Обзор инженерных облаков

Рынок потребителей САПР весьма консервативен, и хотя программные комплексы *CAD* широко используются в промышленности, большинство предприятий по-прежнему устанавливает их на отдельные мощные рабочие станции для инженеров. В России развитие облаков в сфере САПР сдерживается необходимостью соблюдать уровень секретности во многих проектах. Поэтому, в ближайшее время самым популярным решением станет создание на предприятиях частных облаков.

Тем временем, производители программного обеспечения добавляют в свои продукты поддержку облачных технологий, а также предлагают собственные решения для реализации инженерных облаков.

ANSYS Workbench – это платформа для интеграции приложений *ANSYS* в единую междисциплинарную среду. В платформу входят

современные технологии и инструменты для взаимодействия с *CAD*-системами, создания высококачественных сеток, пре- и постпроцессинга. *Workbench* позволяет наглядно показать взаимосвязь систем и порядок проведения расчетов. Упрощается и параметризация проекта: параметры, заданные внутри каждого приложения, могут быть изменены в окне *Workbench*. При этом для перестроения проекта платформа выполнит запуск только нужных приложений – таким образом, затраты времени на расчет конструкции значительно сокращаются [8].

ANSYS EKM – программный продукт для реализации собственного портала, предоставляющего функционал для управления расчетными данными и процессами выполнения расчетов. *ANSYS EKM* позволяет централизованно хранить модели и их расчетные данные, настраивать жизненные циклы для объектов, выполнять расчеты на различных вычислительных ресурсах и визуализировать полученные результаты через веб-интерфейс. В базовой поставке поддерживает интеграцию с расчетными системами *ANSYS, Abaqus, Nastran* и имеет открытый интерфейс *API* для работы с другими внешними системами [9].

ANSYS Enterprise Cloud – коммерческое инженерное облако от разработчика *ANSYS*. Благодаря использованию веб-сервисов *Amazon* (*AWS*) доступна возможность автоматического масштабирования выделенных ресурсов в соответствии с текущими потребностями. Облако разворачивается с помощью сотрудников компании *ANSYS* в индивидуальный корпоративный аккаунт *AWS*. В качестве платформы для построения облака используются преднастроенные шаблоны *AWS* с *ANSYS EKM* [10].

Инженерное облако "ЛАНИТ" – сервис от российской группы ИТ-компаний, предоставляющий доступ к программно-аппаратному комплексу по схемам *SaaS* и *PaaS*. Заявлена поддержка всех современных *CAD*- и *CAE*-систем (*AutoCAD, SOLIDWORKS, ANSYS, FlowVision* и др.). В облаке обеспечиваются возможности как предварительного построения модели, так и расчета на суперкомпьютерных мощностях и анализа полученных результатов. Для централизованной работы с проектами предусмотрена система хранения данных [11].

3. Инженерное облако ЮУрГУ

Рассмотрим схему построения инженерного облака, предоставляющего по запросу вычислительные ресурсы для решения инженерных расчетов на суперкомпьютерах ЮУрГУ.

Данное облако построено на базе компонентов облачной системы "Персональный виртуальный компьютер" и предоставляет прозрачный доступ пользователям ЛСМ ЮУрГУ к вычислительным ресурсам суперкомпьютеров ЛСМ ЮУрГУ, обеспечивая эффективность их использования посредством выделения наиболее подходящих ресурсов.

3.1. Компоненты инженерного облака

Инженерное облако состоит из трех уровней:

1 Инженерные программы для создания и редактирования инженерной модели, необходимой для выполнения расчета. Инженерные программы предоставляются по схеме *SaaS* (*Software as a Service* – программное обеспечение как услуга).

2 Вычислительные сервисы, предоставляющие решения для различных этапов инженерного моделирования. Сервисы представляют собой сконфигурированные окружения для запуска различных программ пакета *ANSYS* по схеме *PaaS* (*Platform as a Service* – платформа как услуга).

3 Вычислительные ресурсы для выполнения вычислительных сервисов. Предоставляются по схеме *IaaS* (*Infrastructure as a Service* – инфраструктура как услуга) посредством системы "Персональный виртуальный компьютер", которая выделяет требуемые вычислительные ресурсы из пула ресурсов суперкомпьютера "СКИФ Урал ЮУрГУ". Кроме того, возможно выделение ресурсов суперкомпьютера "Торнадо" посредством *SLURM* – системы управления очередью задач [12].

3.2. Архитектура

Для работы центра удаленной визуализации используется программный комплекс *Citrix XenApp*, предоставляющий пользователям веб-доступ к программам для инженерного моделирования. *XenApp* отслеживает подключения к системе и позволяет своевременно подключать дополнительные ресурсы в период пиковых нагрузок.

Управление виртуализованным центром данных обеспечивает связка систем *Microsoft System Center Virtual Machine Manager* (**VMM**) и *Citrix XenDesktop*. С помощью *VMM* заранее подготовленные образы виртуальных машин с инженерными программами запускаются на узлах виртуализации, а *XenDesktop* руководит процессом, решая, когда и какой образ необходимо запустить.

Инфраструктурная модель (*IaaS*) представлена серверной частью системы ПВК и состоит из узлов суперкомпьютеров "СКИФ Урал" и "Торнадо ЮУрГУ", а также отдельных высокопроизводительных серверов с объемом оперативной памяти от 8 до 96 *Gb*. В качестве операционной системы используется *Microsoft Windows Server* с установленным гипервизором *Hyper-V*. Узлы системы объединены в отказоустойчивые кластеры и подключены к системе хранения данных по технологии *Ethernet 10 Gbit/s*.

Работа с вычислительными ресурсами производится с помощью программного пакета *Microsoft HPC Pack*. В его состав входит модуль для управления кластерными ресурсами, планировщик задач и *MPI*-стек для выполнения параллельных расчетов. Взаимодействие с планировщиком *HPC Pack* происходит через модуль *Resource Allocator* для *ANSYS RSM* (*Remote Solve Manager*).

3.3. Решение инженерных задач

Множество инженерных задач определенного класса образует некоторую проблемную область, что позволяет использовать информацию об этой предметной области для прогнозирования вычислительных характеристик задач при планировании и распределении заданий, увеличивая эффективность использования доступных вычислительных ресурсов.

Для эффективного выполнения инженерной задачи в системе "Персональный виртуальный компьютер" разработан модуль ***Resource Allocator***, который и выделяет необходимые вычислительные ресурсы.

Модуль состоит из трех компонентов:

1. Планировщик задач – принимает описание задачи в виде скрипта для очереди задач, разбирает его на список сервисов с параметрами запуска.
2. Служба прогнозирования – выдает список вычислительных ресурсов, требуемых для решения данной инженерной задачи, на основе информации о предметной области, к которой относится задача.
3. Менеджер виртуальных машин – выполняет запрос *VMM* на запуск виртуальных машин с нужными вычислительными характеристиками.

После получения задачи планировщик задач запрашивает у Службы прогнозирования список вычислительных ресурсов, требуемых для выполнения задачи. Далее, планировщик задач направляет Менеджеру виртуальных машин запрос на развертывание в облачной системе либо одной виртуальной машины, либо, в случае выполнения параллельного расчета, пула виртуальных машин с необходимыми для выполнения расчета вычислительными характеристиками.

Таким образом, общая схема выполнения расчета в инженерном облаке на основе облачной системы "Персональный виртуальный компьютер" выглядит следующим образом.

Инженер подготавливает задачу в среде *ANSYS Workbench* и отправляет её на расчет Менеджеру распределения задач – *ANSYS RSM*. Менеджер *RSM* передает задачу Менеджеру ресурсов – *HPC Pack*. Далее планировщик Менеджера ресурсов на основе анализа файла задачи определяет, какие вычислительные ресурсы необходимы для её решения. В зависимости от этого происходит выбор: решать задачу имеющимися аппаратными ресурсами или же выделить дополнительные ресурсы в облаке *Azure* и запустить задачу там. В процессе работы, службы *HPC Pack* обмениваются данными о задачах, а также файлами и другой служебной информацией через *VPN*.

4. Заключение

В статье рассмотрено использование облачной системы "Персональный виртуальный компьютер" в качестве инженерного облака, описана архитектура и основные компоненты системы, приведена схема работы в инженерном облаке, а также предложен модуль *Resource Allocator*, позволяющий выделять вычислительные ресурсы для выполнения задачи, исходя из параметров её предметной области.

В качестве дальнейшего направления исследований можно назвать разработку и тестирование модуля ***Resource Predicting***, позволяющего прогнозировать потребность в ресурсах на основе параметров предметной области и информации о предыдущих запусках задач этого класса с другими параметрами. Кроме того, планируется интеграция этой облачной системы с суперкомпьютером "Торнадо ЮУрГУ" для выполнения ресурсоемких расчетов в очереди задач суперкомпьютера.

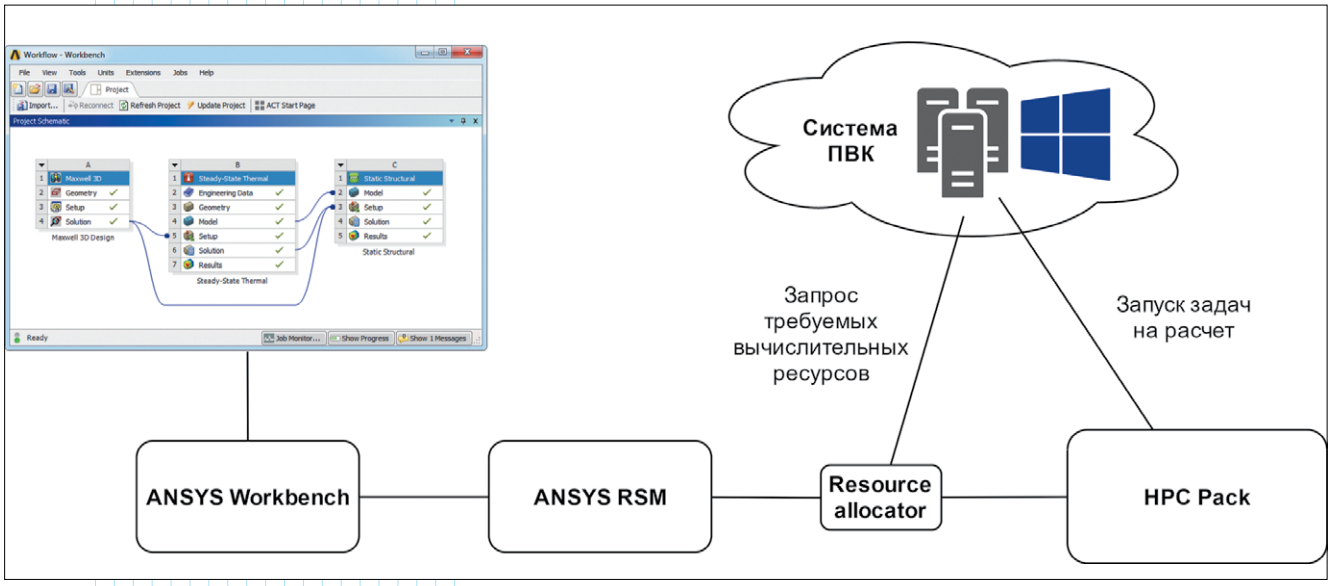

Рис. 2. Общая схема выполнения расчета в инженерном облаке на основе облачной системы "Персональный виртуальный компьютер"

Литература

1. Korambath P., Wang J., Kumar A., Davis J., Graybill R., Schott B., Baldea M. A smart manufacturing use case: Furnace temperature balancing in steam methane reforming process via Kepler workflows.

International Conference on Computational Science, June 6–8, 2016, San Diego, California, USA. Procedia Computer Science, 2016, Vol. 80, pp. 680–689.

2. Nepovinnykh E.A., Radchenko G.I. Problem-oriented scheduling of cloud applications: PO-HEFT algorithm case study. The 39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, 2016, pp. 196–201.

3. Yasuda M. Fujitsu's engineering cloud. Fujitsu Scientific & Technical Journal, 2016, Vol. 48, No. 4, pp. 404–412.

4. Козырев В.И., Костенецкий П.С., Соколинский Л.Б. Использование облачных технологий в суперкомпьютерном образовании. В кн.: Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности. Москва: Издательство Московского университета, 2012, с. 101–108.

5. Козырев В.И., Костенецкий П.С. Виртуализация приложений суперкомпьютерного моделирования в ЮУрГУ. Параллельные вычислительные технологии (31 марта–2 апреля 2015 г., гор. Екатеринбург). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015, с. 412–414.

6. Козырев В.И., Костенецкий П.С. Опыт использования VDI-системы "Персональный виртуальный компьютер" в ЮУрГУ. Научный сервис в сети Интернет: поиск новых решений (17–22 сентября 2012 г., гор. Новороссийск). Москва: Издательство МГУ, 2012, с. 285–286.

7. Костенецкий П.С., Сафонов А.Ю. Суперкомпьютерный комплекс ЮУрГУ. Параллельные вычислительные технологии (28 марта–1 апреля 2016 г., гор. Архангельск). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016, с. 561–573.

8. Nelson T., Wang E., Reliable FE-Modeling with ANSYS. International ANSYS Conference, 2004.

9. ANSYS EKM // www.ansys.com/products/platform/ansys-ekm.

10. ANSYS Enterprise Cloud // www.ansys.com/products/platform/ANSYS-Enterprise-Cloud.

11. Инженерное облако Ланит. // www.lanit.ru/tech/inzhenernoe-oblako.

12. Сафонов А.Ю., Костенецкий П.С., Бородулин К.В., Мелехин Ф.М. Система мониторинга загрузки суперкомпьютеров ЮУрГУ. Суперкомпьютерные дни в России (28–29 сентября 2015 г., гор. Москва). Москва: Издательство МГУ, 201, с. 662–666.

◆ Выставки ◆ Конференции ◆ Семинары ◆

20–22 сентября 2017

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ,
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

XXI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
РОССИЙСКИЙ ПРОМЫШЛЕННИК

ufi Approved Event

ВЫСТАВКИ: ■ ИННОВАЦИИ ■ КЛАСТЕРЫ ■ СТАНКОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛООБРАБОТКА
■ МАШИНОСТРОЕНИЕ ■ ЛАЗЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ■ ИНСТРУМЕНТ. ТЕХОСНАСТКА
■ ЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ ■ СВЕТОТЕХНИКА ■ РОБОТОТЕХНИКА
■ КОНГРЕССНАЯ ПРОГРАММА ■ ЦЕНТР ДЕЛОВЫХ КОНТАКТОВ

12+

ПРОХОДИТ ОДНОВРЕМЕННО
С X ПЕТЕРБУРГСКИМ МЕЖДУНАРОДНЫМ ИННОВАЦИОННЫМ ФОРУМОМ

ОРГАНИЗАТОР
EXPOFORUM

WWW.PROMEXPO.EXPOFORUM.RU
+7 812 240 4040 | ДОБ. 2150, 2158