

Развитие платформы Персональный виртуальный компьютер в Южно-Уральском Государственном Университете*

В.И. Козырев, П.С. Костенецкий

Южно-Уральский государственный университет

Платформа «Персональный виртуальный компьютер» (ПВК) - универсальное средство доступа для студентов и преподавателей в облако образовательных сервисов ВУЗа, построенная на базе вычислительного кластера «СКИФ Урал» и виртуальных машин. В качестве следующего этапа развития платформы (ПВК) в ЮУрГУ была выбрана тесная интеграция с приложениями суперкомпьютерного моделирования и высокопроизводительного вычислителя. В глазах пользователей произошло слияние системы ПВК и вычислителя в единый сервис расчёта задач с использованием удобного графического интерфейса. В качестве новых возможностей пользователям были предоставлены виртуальные приложения, а также виртуальные рабочие столы с установленной ОС Linux. Система усовершенствована путем добавления возможности бездисковой загрузки серверов.

Ключевые слова: высокопроизводительные вычисления, персональный виртуальный компьютер, инфраструктура виртуальных рабочих столов, частное облако.

1. Введение

Система «Персональный виртуальный компьютер» (*платформа ПВК*) была установлена в Южно-Уральском государственном университете в 2011 году [1] и с тех пор постоянно развивается [2, 3]. Платформа ПВК представляет собой частное облако – технологию обеспечения сетевого доступа к набору конфигурируемых вычислительных ресурсов, которые могут быть оперативно представлены через специальный портал – «витрину сервисов». В рамках ПВК каждый пользователь работает с отдельным ПВК (отдельной виртуальной машиной) на базе ОС Windows с индивидуальным профилем для хранения личных файлов. Для подключения к ПВК используется приложение Citrix Receiver, которое пользователь устанавливает на личный ноутбук, нетбук, планшет, компьютер или тонкий клиент. Приложение не требовательно к системным ресурсам, поэтому подключение возможно даже со старых компьютеров.

В качестве серверной части платформы ПВК используются узлы суперкомпьютера с установленным гипервизором Microsoft Hyper-V. Для загрузки образов виртуальных машин к узлам подключена выделенная система хранения данных. Таким образом, удалось эффективно задействовать морально устаревшее оборудование, которое уже не может использоваться для выполнения высокопроизводительных вычислений.

При использовании в образовательном процессе платформа ПВК предоставляет следующие преимущества:

1. Сокращение затрат, необходимых на создание и поддержание компьютерных классов – любая аудитория с ноутбуками студентов превращается в полноценный компьютерный класс.
2. Минимизация количества лицензий на ПО за счёт их централизованного использования и гарантия полной лицензионной чистоты.
3. Централизованное администрирование программных и информационных ресурсов, аппаратных систем; сокращение количества необходимых администраторов.
4. Эффективное использование вычислительных кластеров предыдущего поколения, остающихся после приобретения новых высокопроизводительных систем.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-29-07959 офи-м и Правительства РФ (постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011.

5. Качественно иной уровень получения современных знаний по специальности – студенты получают возможность находиться в процессе обучения в любом месте, где есть Интернет.

В ЮУрГУ платформа ПВК используется на 28 кафедрах ЮУрГУ. Большинство пользователей – студенты и преподаватели инженерных и IT специальностей. Для каждой группы пользователей подготовлен свой образ виртуальной машины. Так студенты IT-специальностей используют новейшие средства разработки приложений. Исследователи строят на ПВК модели и их расчетные сетки. Преподаватели и студенты инженерных специальностей используют образы с системами автоматизированного проектирования. Для повышения удобства пользователей была реализована виртуализация приложений [2], что позволяет работать с инженерным ПО в одной операционной системе, не загружая дополнительную ОС на виртуальном рабочем столе.

2. Интеграция ПВК и вычислителя

Многие пользователи суперкомпьютеров ЮУрГУ используют ПВК в качестве средства для подготовки моделей на расчёт и просмотра результатов. В большинстве своём, модели реализуются методом конечно-элементного анализа, часто применяемого в инженерном ПО. Одним из примеров такого ПО является инженерный пакет ANSYS – наиболее часто используемый в ПВК [4]. В его состав входит платформа ANSYS Workbench, позволяющая из единого интерфейса создавать модели для решения междисциплинарных задач инженерного анализа.

Решение таких задач, как правило, состоит из нескольких этапов (см. рис. 1):

- 1) построение либо импорт геометрии,
- 2) построение сетки,
- 3) решение задачи решателем,
- 4) визуализация полученного результата.

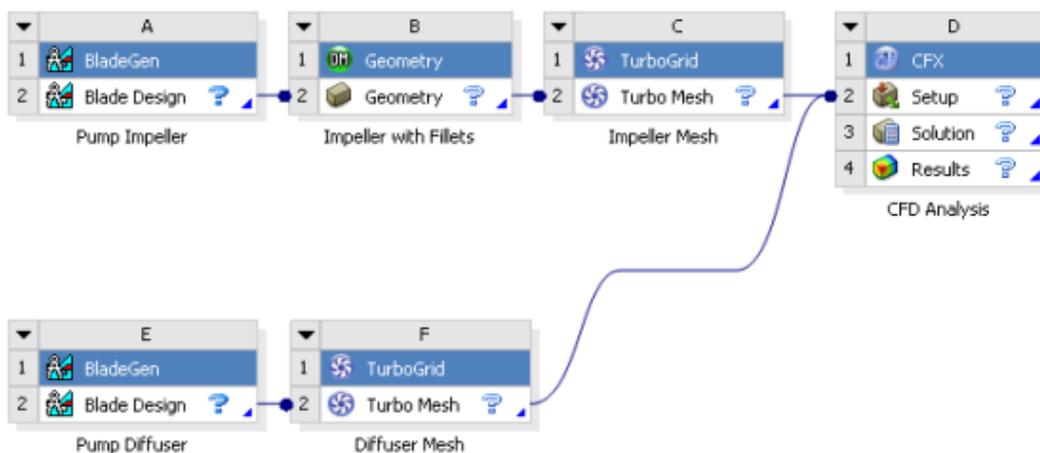


Рис. 1. Пример расчёта в интерфейсе ANSYS Workbench

Обычно при работе с высокопроизводительным вычислительным кластером и ПО ANSYS, пользователь создаёт модель в интерфейсе ANSYS Workbench на своём ПК, затем экспортирует её в файл и загружает в свой каталог на суперкомпьютере. После чего с помощью специальной команды добавляет задачу в очередь вычислителя, а после завершения расчёта загружает полученный результат в виде файлов, порою занимающих несколько десятков гигабайт, обратно на ПК для визуализации. Такая схема выполнения расчётов не слишком удобна для пользователей. Особенно отпугивает пользователей необходимость работать с консолью в ОС Linux и запоминать сложные команды для постановки задач в очередь (см. рис 2).

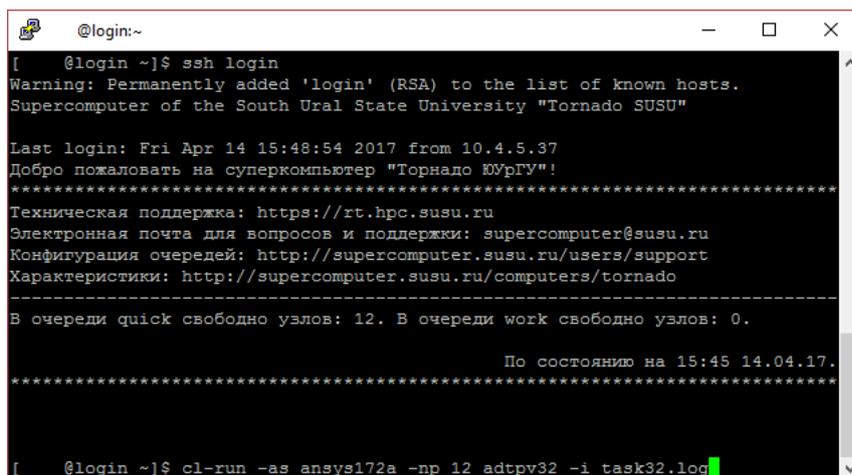


Рис. 2. Старый пользовательский интерфейс вычислительного кластера

Для устранения этой проблемы было принято решение объединить на прикладном уровне ПВК и вычислитель, предоставив пользователям возможность решать задачи инженерного анализа из единого окна ANSYS Workbench. Для данной цели в платформу ПВК был установлен пакет ANSYS RSM. Данный пакет предназначен для автоматического управления вычислительными ресурсами и очередью задач. RSM скрывает сложность работы с вычислителем, позволяя пользователю сконцентрироваться на создании качественной модели.

Конфигурация RSM состоит из трёх частей:

1. Клиентская часть – программный пакет, с которым взаимодействует пользователь для отправки задач на расчёт.
2. Менеджер задач – ANSYS RSM может выступать как самостоятельным планировщиком задач, так и работать в роли механизма взаимодействия со сторонними планировщиками.
3. Вычислительные ресурсы – оборудование, на котором непосредственно будет производиться расчёт задачи.

В качестве клиентской части может выступать как ANSYS Workbench, так и соответствующий пакет для анализа модели (ANSYS Multiphysics, ANSYS Electronic Desktop и др.).

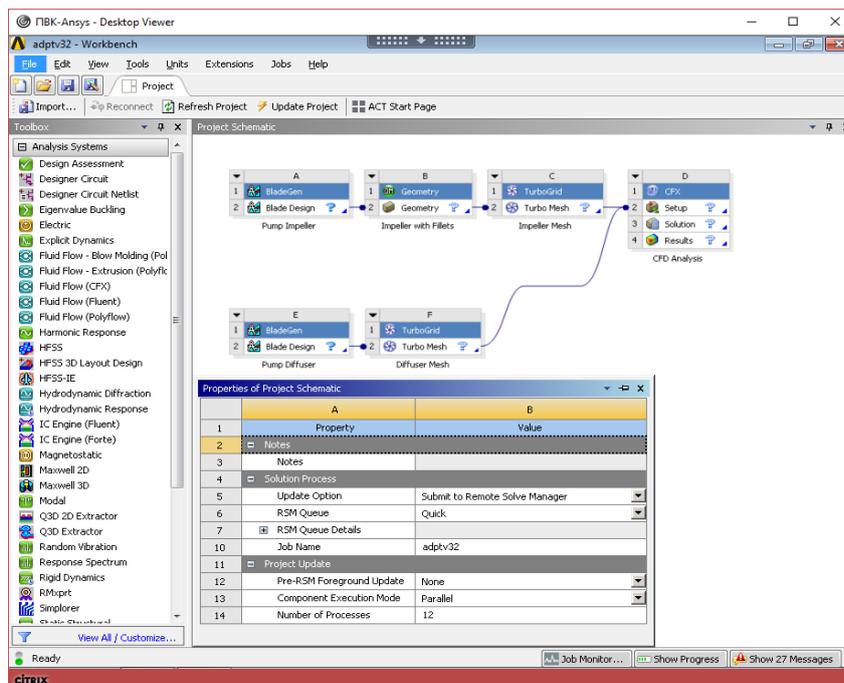


Рис. 2. Интерфейс отправки расчёта в ANSYS RSM из Workbench

Модуль планировщика ANSYS RSM поддерживает две модели работы:

- 1) может быть использован как самостоятельный планировщик задач для локальных или удаленных вычислительных ресурсов;
- 2) может выступать в роли механизма взаимодействия со сторонними планировщиками.

На суперкомпьютерах ЮУрГУ исторически используется планировщик SLURM, поддержка которого не заявлена в ANSYS RSM. Для эффективного взаимодействия, силами программистов Лаборатории суперкомпьютерного моделирования ЮУрГУ, был разработан программный модуль RSM-SLURM. Модуль состоит из 3 компонентов, выполняющих следующие задачи:

- 1) преобразование команд RSM для постановки задач в очередь SLURM;
- 2) получение лог-файлов процесса расчёта для показа пользователю;
- 3) отправка полученных результатов в RSM.

Таким образом, весь процесс отправки задачи, запуска её на вычислителе и получение результатов происходит незаметно для пользователя, позволяя значительно упростить использование суперкомпьютерных ресурсов. После постановки задачи на расчёт пользователь может наблюдать за её выполнением, а также независимо от процесса расчёта заниматься пре- и постпроцессингом. После завершения расчёта RSM автоматически передаёт ссылку на файлы результатов в Workbench, установленный в платформе ПВК. При таком подходе пользователь освобождается от необходимости копировать объёмные файлы результата расчета на свой ПК. Это существенно снижает нагрузку на коммуникационную сеть, а также позволяет исследователям моментально получить доступ к визуализированным результатам расчета через платформу ПВК.

В качестве дальнейшего расширения интеграции планируется использования системы ANSYS EKM – программного продукта для реализации веб-портала, предоставляющего функционал для управления расчётными моделями и процессами выполнения расчётов. С помощью ANSYS EKM можно будет централизованно хранить модели и их расчётные данные, а также визуализировать полученные результаты через веб-интерфейс. Открытое API ANSYS EKM позволит также интегрировать его с платформой Workbench и очередью задач SLURM.

3. Использование ПВК и новые возможности

Одной из новых функций платформы ПВК стала возможность подключения к рабочему столу ОС Linux или использование соответствующих приложений. Данная функция сразу стала востребованной для обучения студентов на занятиях по операционным системам, а также для разработки и тестирования кроссплатформенных приложений. ПВК на базе ОС Linux был также использован для проведения практических занятий международной школы по программной инженерии в рамках проекта Erasmus+ в ЮУрГУ.

Платформа ПВК теперь также служит для проведения олимпиад по программированию. Гибкость ПВК позволяет «на лету» увеличивать количество участников даже в последний момент – новым пользователям будут выделены дополнительные виртуальные машины вместо долгой настройки набора ПО на обычных ПК. Вместе с виртуальной машиной каждый пользователь получает идентичный набор ПО и доступ до заранее определённых ресурсов в сети Интернет, что ставит всех участников в одинаковые условия.

Некоторые пользователи суперкомпьютеров ЮУрГУ имеют собственные жёсткие требования к версии операционной системы и набору ПО. Такие пользователи могут работать с вычислительными узлами напрямую, без использования очереди задач. Стандартный процесс использования вычислителя таким пользователем выглядит следующим образом: у пользователя есть свой уникальный набор ПО, с помощью которого он производит расчёты. Данное ПО и желаемая ОС устанавливаются на жесткий диск одного узла, а затем сохраняются в виде образа жесткого диска на системе хранения. После этого образ разворачивается по сети на нужное количество узлов. Вычислительные ресурсы предоставляется пользователям по требованию, при этом, для каждого из них, необходимо заново развернуть уникальный образ на узлы. Данная операция, во-первых, занимает большое количество времени – с момента запроса пользователем узлов до непосредственного получения доступа может пройти несколько часов; а во-вторых, сокращает срок службы дисков в вычислительном узле ввиду постоянной их перезаписи. Для оптимизации данного метода работы с пользователями, платформа ПВК теперь предоставляет

возможность загружать узлы по сети. Сами образы по-прежнему хранятся на выделенной системе хранения данных, но диски вычислительных узлов используются только для размещения временных файлов. Более того, узлы могут вообще не иметь собственных жестких дисков. Основная нагрузка, при этом, ложится на сетевую инфраструктуру. Пик нагрузки приходится на время загрузки ОС, при этом может генерироваться по 300 IOPS на узел. Дальнейшая же работа с загруженной ОС снижает это значение до 5-15 IOPS. Таким образом, одновременный запуск нескольких десятков таких сетевых узлов может вызвать так называемый «Boot Storm» – узлы будут испытывать высокую нагрузку, а сетевые сессии разрываться. Для устранения таких ситуаций в ПВК разработан модуль контроля нагрузки на сеть и систему хранения данных. Данный модуль позволяет загружать узлы небольшими партиями, чтобы не вызывать предельную нагрузку на оборудование.

4. Заключение

В статье приведено описание новых возможностей платформы «Персональный виртуальный компьютер» в Южно-Уральском государственном университете. Дано описание интеграции ПВК и вычислителя в виде объединения платформы ANSYS Workbench и очереди задач суперкомпьютеров SLURM. Предложена возможность использования платформы для предоставления машинного времени по требованию и реализации бездисковой загрузки ОС.

Литература

1. Козырев В.И., Костенецкий П.С., Соколинский Л.Б. Использование облачных технологий в суперкомпьютерном образовании // Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности. Москва: Издательство Московского университета, 2012. С. 101–108.
2. Козырев В.И., Костенецкий П.С. Виртуализация приложений суперкомпьютерного моделирования в ЮУрГУ. Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2015): труды международной научной конференции (Екатеринбург, 31 марта - 2 апреля 2015). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. С. 412-414.
3. Козырев В.И., Костенецкий П.С. Опыт использования VDI-системы «Персональный виртуальный компьютер» в ЮУрГУ // Научный сервис в сети Интернет: поиск новых решений: Труды Международной суперкомпьютерной конференции (Новороссийск, 17-22 сентября 2012). Москва: Издательство МГУ, 2012. С. 285-286.
4. Костенецкий П.С., Сафонов А.Ю. Суперкомпьютерный комплекс ЮУрГУ // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2016): труды международной научной конференции (Архангельск, 28 марта – 1 апреля 2016). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. С. 561-573.

Evolution of Cloud Platform “Personal Virtual Computer” in South Ural State University

V.I. Kozyrev, P.S. Kostenetskiy

South Ural State University

Personal virtual computer platform (PVC) – it is universal access tool for students and teachers in the cloud of educational services. Tight integration of applications for supercomputer modelling and supercomputer - it is the next stage of development of PVC platform in South Ural State University. In the eyes of users, the PVC platform and supercomputer merged into a single computing service with user-friendly interface. As new features, users were also offered virtual desktop with Linux OS and diskless boot for supercomputer nodes.

Keywords: personal virtual computer, high-performance computing, virtual desktop infrastructure, private cloud

References

1. Kozyrev V.I., Kostenetskiy P.S., Sokolinsky L.B. Cloud Technologies in Supercomputer Education // Supercomputing Technologies in Science, Education and Industry. Moscow, Publishing of the Moscow State University, 2012. P 101-108
2. Kozyrev V.I., Kostenetskiy P.S. Virtualizacija prilozhenij superkomp'yuternogo modelirovaniya v JuUrGU [CAD/CAM/CAE software virtualization in South Ural State University]. Parallelnye vychislitelnye tekhnologii (PaVT'2015): Trudy mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii (Ekaterinburg, 31 marta - 2 aprelya 2015) [Parallel Computational Technologies (PCT'2015): Proceedings of the International Scientific Conference (Ekaterinburg, Russia, March, 31 – April, 2, 2015)]. Chelyabinsk, Publishing of the South Ural State University, 2015. P. 412-414.
3. Kozyrev V.I., Kostenetskiy P.S. Opyt ispol'zovaniya VDI-sistemy «Personal'nyj virtual'nyj komp'yuter» v YuUrGU [Our experience in using VDI-system “Personal Virtual Computer” in SUSU] // Nauchnyj servis v seti Internet: poisk novyx reshenij: Trudy Mezhdunarodnoj superkomp'yuternoj konferencii (Novorossiysk, 13-22 sentyabrya) [Scientific service in the Internet: Search for new solutions: Works of the international supercomputer conference (Novorossiysk, September, 17-22, 2012)]. Moscow, Publishing of the Moscow State University, 2012. P 285-286.
4. Kostenetskiy P.S., Safonov A.Y. SUSU Supercomputer Resources // Proceedings of the 10th Annual International Scientific Conference on Parallel Computing Technologies (PCT 2016). Arkhangelsk, Russia, March 29-31, 2016. CEUR Workshop Proceedings. 2016. Vol. 1576. P. 561-563.