

*И.В. Бычков¹, А.Г. Феоктистов¹, И.А. Сидоров¹,
Р.О. Костромин¹, В.И. Зоркальцев², А.В. Еделеv²*

**ИНТЕЛЛЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ
ВЫЧИСЛЕНИЯМИ В ВИРТУАЛИЗИРОВАННОЙ
КЛАСТЕРНОЙ СРЕДЕ***

*¹ Институт динамики систем и теории
управления им В.М. Матросова СО РАН,*

*² Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
г. Иркутск,*

*idstu@icc.ru, agf65@yandex.ru, ivan.sidorov@icc.ru,
romang70055@gmail.com, zork@isem.irk.ru, alexedelev@gmail.com*

В настоящее время высокопроизводительные вычислительные системы, в том числе НРС-кластеры, являются неотъемлемым звеном процесса решения фундаментальных и прикладных научных задач. Широкий спектр решаемых задач, специфика которых обуславливает различные требования к вычислительной системе, приводит к разнообразию используемых программно-аппаратных платформ, архитектур и коммуникационных сред, показатели производительности, эффективности и надежности которых могут существенно отличаться. Рост числа НРС-кластеров и их разнообразие актуализируют исследования, связанные с их интеграцией в единую вычислительную среду с целью обеспечения более высокой суммарной вычислительной мощности, а также повышения гибкости и эффективности при обработке потоков заданий для решения задач. Доклад посвящен проблеме управления вычислениями в виртуализированной кластерной среде ИДСТУ СО РАН, организованной на базе ресурсов Центра коллективного пользования «Суперкомпьютерный центр СО РАН».

В качестве платформы виртуализации среды выбран программный комплекс OpenStack. Данный комплекс обеспечивает широкий набор компонентов и функциональных решений для взаимодействия с различными гипервизорами. В их числе KVM, XEN, ESXi, QEMU и другие системы. В дополнение к программному комплексу OpenStack разработана специализированная оболочка гипервизора для запуска виртуаль-

* Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты № 15-29-07955-офи_м и № 16-07-00931-а, Программы 1.33П фундаментальных исследований Президиума РАН, проект «Разработка новых подходов к созданию и исследованию моделей сложных информационно-вычислительных и динамических систем с приложениями», а также Совета по грантам Президента Российской Федерации, государственная поддержка ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-8081.2016.9).

ных машин из очередей традиционных систем управления заданиями (например, PBS, SLURM или SGE) на кластерах.

Планирование вычислений и распределение потоков заданий между гипервизорами и оболочкой гипервизора осуществляется самоорганизующейся мультиагентной системой [1, 2] с помощью специализированного планировщика.

Архитектура оболочки представлена на рис. 1. Планировщик осуществляет обработку заданий и распределение ресурсов кластерной среды, включающей выделенные и невыделенные узлы для выполнения виртуальных машин. Выполнение виртуальных машин в выделенных узлах осуществляется с помощью традиционных гипервизоров. Оболочка гипервизоров обеспечивает запуск и управление виртуальными машинами в невыделенных узлах кластеров без каких-либо существенных изменений в системном и промежуточном программном обеспечении этих кластеров. Оболочка поддерживает взаимодействие с гипервизорами Xen, KVM и VMware ESXi.

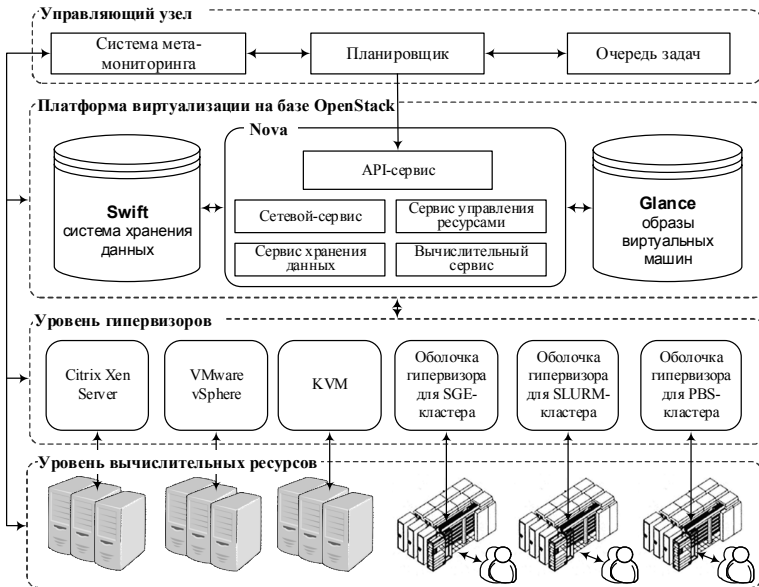


Рис. 1. Архитектура специализированной оболочки гипервизора

Задание для кластерной среды представляет собой спецификацию требований к ресурсам для выполнения приложения. В задании указываются требуемые характеристики среды: число узлов и ядер в составе

каждого узла, размер оперативной памяти и дискового пространства, наличие специализированных ускорителей в составе узла (Intel Xeon Phi, GPU), интерконнект между узлами, ОС узла и другая необходимая информация.

Задание пользователя поступает в очередь задач управляющего узла среды. Планировщик на основе спецификации задания выполняет его классификацию и формирует запрос к платформе виртуализации для запуска необходимого числа виртуальных машин требуемого типа на одном кластере либо с использованием ресурсов нескольких кластеров. Платформа виртуализации осуществляет взаимодействие с гипервизорами и оболочкой гипервизоров, отвечающими за управление виртуальными машинами на кластерах, производит подготовку образов виртуальных машин для целевых кластеров и осуществляет постановку новых заданий по запуску виртуальных машин в очередях этих кластеров. После запуска и конфигурирования (настройки сетевых интерфейсов и дисков, диагностики корректного запуска) виртуальных машин выполняется их подключение к управляющему узлу среды, а также осуществляется запуск программы в узлах среды.

Преимущества предложенной технологии продемонстрированы на примере управления масштабируемым приложением для решения задач безопасности энергетических систем в Центре коллективного пользования «Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН». Вычислительные эксперименты показывают, что оболочка гипервизора позволяет повысить коэффициент полезного использования узлов виртуализированной кластерной среды путем назначения заданий по выполнению виртуальных машин в очереди традиционных систем управления заданиями.

1. *Бычков, И.В.* Мультиагентный подход к управлению сервисориентированными высокопроизводительными вычислениями [Текст] / И.В. Бычков, Г.А. Опарин, А.Г. Феоктистов, В.Г. Богданова, И.А. Сидоров, А.А. Пашинин // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2016. – № 9. – С. 35–41.
2. *Феоктистов, А.Г.* Разработка и применение проблемно-ориентированных мультиагентных систем управления распределенными вычислениями [Текст] / А.Г. Феоктистов, Р.О. Костромин // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2016. – № 11. – С. 65–74.