

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛИЗАЦИИ И КОНТЕЙНЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ТРОФИМОВ В.В.<sup>1</sup>, КИЯЕВ В.И.<sup>1</sup>, ГАЗУЛЬ С.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный экономический университет

**Abstract.** The target is to develop the approach for selecting the best location mode of virtual IT resources in generating IT infrastructure. The proposed approach allows choosing virtualization or container technology depending on the existing limitations, with accounting for the results of the author's full-scale experiments as well as the similar experiments' results of the leading software manufacturers. The important feature of the approach is the developed evaluation mechanisms. Application of the proposed methodology allows to increase the packing density of IT resources at minimum costs, or to achieve the maximum stability and efficiency of the generated IT infrastructure in relation to the set up problems.

*Keywords:* linux containers; docker; virtualization technologies

## Введение

Использование технологии виртуализации — ключевой элемент формирования современной ИТ инфраструктуры крупных высокотехнологичных организаций. Сегодня сложно предложить технически грамотное и экономически оправданное решение построения нового мощного и экономичного серверного узла без использования технологий виртуализации [1-4, 5, 6], вне зависимости от того, для какой организации проектируется данный узел — для большой производственной компании или крупного учебного заведения.

В настоящее время существует несколько способов виртуализации, с помощью которых достигается сходный результат, но с использованием разных уровней абстракции — что, в конечном счете, может оказать влияние на эффективность результата и на накладные расходы по его достижению. В связи с этим при определении стратегии информатизации неизбежно возникает проблема выбора наиболее подходящих технологии и способа виртуализации с учетом присущих им достоинств, и недостатков. Рассмотрим наиболее часто используемые способы.

Способ эмуляции оборудования — заключается в совместном развитии встроенного программного обеспечения и аппаратных средств: виртуальная машина (VM) аппаратных средств создается на хост-системе, для эмуляции интересующего потребителей оборудования. Способ наиболее востребован в процессе разработки и тестировании программного обеспечения [6]. Существенный минус такого типа виртуализации — медленная работа эмулируемых приложений, вытекающая из необходимости моделировать команды на основных аппаратных средствах.

Полная (аппаратная) виртуализация — используется для организации работы виртуализируемых сред с физическим оборудованием хостовой системы, где гипервизор отвечает за управление разделением физических ресурсов системы между виртуализируемыми средами. При построении крупных корпоративных систем, как правило, используется именно аппаратная виртуализация.

Паравиртуализация — решение для построения виртуальных сред, требующее, чтобы гостевая операционная система (ОС) была модифицирована для гипервизора (в результате модификации исходного про-

граммного кода операционной системы создается специальная версия ОС, называемая Guest Edition). Несмотря на то, что необходимость модификации исходного кода ОС является существенным недостатком метода, за счёт такого подхода, паравиртуализация обеспечивает высокую производительность виртуализированных ОС и работающих под их управлением приложений. Производительность таких решений иногда приближается к производительности неvirtуализированных ОС.

Однако ограниченное количество поддерживаемых версий ОС достаточно серьезный недостаток паравиртуализации, так как гостевые операционные системы должны быть специальным образом подготовлены к работе в виртуальной среде. Отметим также, что модификация кода ОС достаточно сложная задача, требующая не только обеспечения стабильности работы виртуализируемой ОС, но и максимальной производительности такой ОС. Гипервизор Xen и его модификации (Citrix XenServer, ХСР) — пример гипервизоров, использующих паравиртуализацию наравне с аппаратной виртуализацией [1,6, 8, 10].

Виртуализация уровня операционной системы — виртуализируемые среды размещаются в виде контейнеров, находящихся в рамках корневой операционной системы и использующих ядро этой ОС. Такой метод, использует единственную операционную систему, в самом общем случае просто изолирует независимые виртуальные контейнеры друг от друга. Технически, для реализации данного способа виртуализации, основывающегося на технологии разделения ресурсов одного сервера между контейнерами, требуется вносить изменения в ядро операционной системы (например, реализация OpenVZ) [10].

Несмотря на технические сложности реализации, следует отметить такое существенное достоинство контейнерного метода, как «родная» производительность, без «накладных расходов» на виртуализацию

устройств. Виртуализация уровня операционной системы реализована в Solaris Containers; FreeBSD jail и Virtuozzo/OpenVZ; в ОС Linux и \*BSD; в Linux Containers.

### Сравнение производительности основных технологий виртуализации

Нами было произведено сравнение производительности основных технологий виртуализации, которые по мнению экспертов [6, 9, 10] имеют максимальное распространение сегодня — гипервизорная виртуализация и контейнеры Linux. В качестве конкретных решений для проведения тестов были использованы Docker и гипервизор kvm. Docker — это платформа, предоставляющая удобный интерфейс для работы с контейнерами Linux.

Тесты были произведены на оборудовании, которое часто применяют в корпоративной программно-аппаратной среде, используемой для формирования ИТ-инфраструктуры (см. табл 1). При проведении тестов использовалось следующее программное обеспечение: операционные системы Ubuntu Linux Server 16.4, версия Docker 1.12.6, kvm.

Таблица 1. Конфигурация тестового сервера

Компонент	Спецификация
Системная плата	Intel S2400GP2 Granite Pass
Процессор	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2407 0 @ 2.20 ГГц, 4 ядра
Оперативная память	8 Gb., PC3-12800, 1600 МГц, DDR3, ECC Reg.
Жесткий диск	Объём: 60 Гбайт; Скорость вращения шпинделя: 5400 RPM; Cache buffer: 8 Мбайт.
Сетевой интерфейс	Ethernet 100 Мбит/с.

### Сравнение скорости работы контейнера Docker и VM с хранилищем данных

Прежде всего мы протестировали скорость работы с хранилищем данных у контейнеров Docker и виртуальной машины kvm. Для проведения теста была применена специализированная утилита fio. Результа-

ты тестов по последовательному чтению и записи данных, полученные с помощью утилиты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты теста fio: Последовательное чтение и запись

	Docker	kvm
Sequential Read	79,03	19,465
Sequential Write	78,89	38,419

Данные из таблицы представлены на рисунке 1 (Мбайт/с).

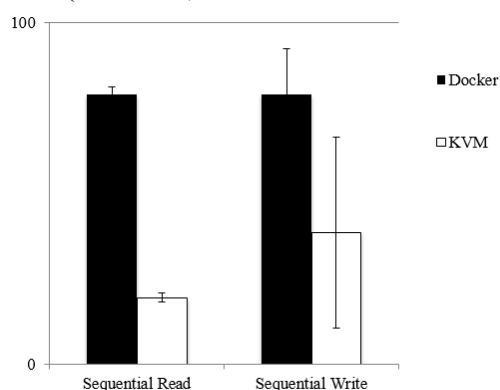


Рис. 1. Результаты тестов по последовательному чтению и записи

В таблице 3 и на рисунке 2 представлены данные, которые были получены в ходе теста производительности. Значения представлены в единицах iops. Мы сравнили скорость в трех вариантах — чтение случайных данных, запись случайных данных, чтение и запись случайных данных.

Таблица 3. Результаты теста fio: чтение и запись данных в случайном порядке

	Docker	kvm
Чтение в случайном порядке	331	109
Запись в случайном порядке	286	679
Чтение и запись в случайном порядке	303	153

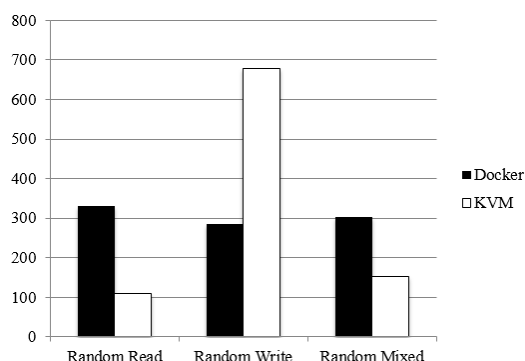


Рис. 2. Результаты теста fio: Чтение и запись данных в случайном порядке и смешанный тест

Время отклика (мс) на совершение операции при случайном чтении представлено на рисунке 3 (в формате перцентиля).

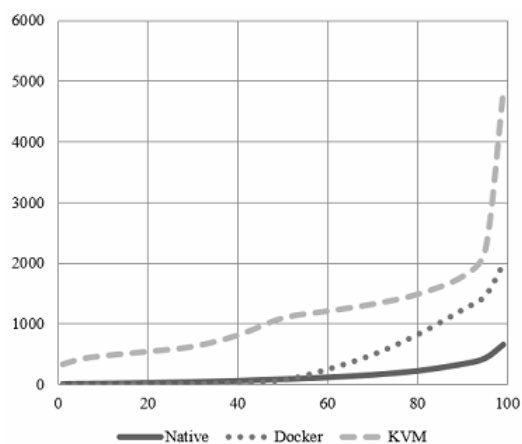


Рис. 3. Время отклика при случайном чтении данных

### Сравнение скорости передачи и приема данных в сети

Результаты теста, выполненного с помощью утилиты iperf представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты теста (усреднённые оценки по 10000 тестов, Мбит/с)

	host	Docker	kvm
Отправка данных	67,1	65,3	65,8
Приём данных	67,1	65,3	65,8

Данные из таблицы представлены в виде графика (см. рис. 3).

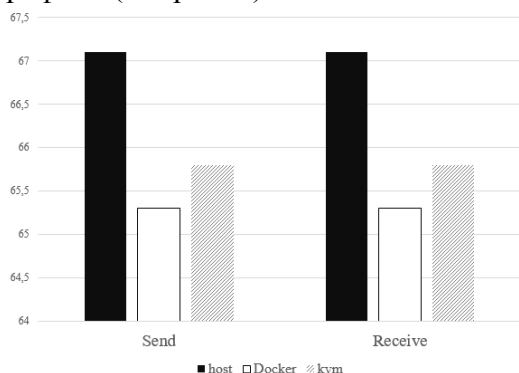


Рис. 4. Результаты теста iperf (усреднённые оценки, Мбит/с)

С помощью утилиты ping мы, оценили также среднее время отклика контейнера Docker и виртуальной машины kvm, среднее время отклика по результатам 10000 замеров представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты использования утилиты ping (усреднённые оценки, мс)

host	docker	kvm
0,629	0,7	0,836

Данные из таблицы 5 представлены в виде диаграммы на рисунке 5.

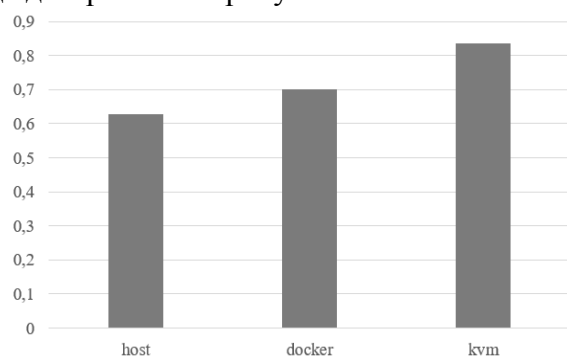


Рис. 5. Результаты использования утилиты ping (усреднённые оценки, мс)

Проведённые эксперименты и результаты тестов показали, что при размещении большого количества однотипных виртуальных ресурсов, технология контейнеров под управлением Docker позволяет добиться лучшей производительности — как при работе с хранилищем данных, так и при работе с сетевыми интерфейсами.

## Выбор способа виртуализации

Представленный ниже алгоритм разработан нами с учётом приведённых ранее результатов тестов, а также с учётом исследований корпорации IBM [1, 2, 6, 9].

В зависимости от конкретных требований, предъявляемых к формируемой инфраструктуре организации, наличия у нее экономических резервов и существующей материально-технической базы, актуальна проблема выбора оптимального способа виртуализации. Для выбора предлагается оценочный алгоритм, позволяющий обоснованно выбрать один из четырех возможных способов виртуализации: эмуляция оборудования, паравиртуализация, полная или контейнерная виртуализация.

Используются экспертные оценки, вопросы, предлагаемые экспертам, отсортированы по степени важности, начиная с наиболее значимых. В простом варианте реализации алгоритма выбора, на каждый вопрос возможен только положительный — 1 или отрицательный — 0 вариант ответа эксперта.

Типовой набор вопросов может иметь вид:

- 1) Необходимо ли для работы виртуализируемых систем оборудование, которого нет в наличии?
- 2) Существует ли специальная Guest Edition версия виртуализируемой ОС?
- 3) Требуется ли использование разных версий ОС?
- 4) Требуется ли поддержка большого числа виртуальных серверов?

Заметим, что алгоритм выбора методов оптимизации может быть дополнен введением нецелочисленных весовых коэффициентов, используемых при выставлении оценок экспертами; конкретизирована позиция “большое число виртуальных серверов” с учитывающая несколько возможных вариантов и т. д.

Рекомендуемый выбор ответов на вопросы может иметь вид вектора с соответствующим набором оценок:

$\langle 1,0,0,0 \rangle$  — эмуляция оборудования;

$\langle 0,1,0,0 \rangle$  — паравиртуализация;

$\langle 0,0,1,0 \rangle$  или  $\langle 0,0,1,1 \rangle$  — полная виртуализация;

$\langle 0,0,0,1 \rangle$  — контейнерная виртуализация.

Для варианта ответов:  $\langle 0,0,0,0 \rangle$  — оптимальный способ виртуализации — полная виртуализация. Однако при рассмотрении аргументов в пользу выбора способа полной виртуализации, следует учитывать, что данный способ в случае большого числа виртуализируемых ОС требует высокопроизводительного аппаратного обеспечения.

### Заключение

В рамках данного исследования, нами были рассмотрены основные технологии виртуализации, применяемые сегодня в корпоративной среде. Мы сравнили производительность основных технологий виртуализации, оценив возможность их применения для решения различных задач и предложили алгоритм выбора способа виртуализации на основе полученных данных.

### Список литературы

1. Амелин К. С., Амелина Н. О., Граничин О. Н., Кияев В. И. Разработка приложений для мобильных интеллектуальных систем на платформе Intel Atom. — СПб: Издательство ВВМ, 2012. — 211 с.
2. Газуль С. М. Принципы проектирования гибридной информационной системы для поддержки образовательного процесса в высшем учебном заведении // Вестник СПбГЭУ. Серия: Экономика. Выпуск 5 (72). — СПб: СПбГЭУ, 2014. — С. 58–61
3. Газуль С. М., Бабаев Э. О., Горнов П. А. Интегральный показатель готовности информационной системы к работе в облаке // Международный научно-исследовательский журнал — Research Journal of International Studies, 2014. — № 4-2 (23). — С. 14-16.
4. Граничин О. Н., Кияев В. И. Информационные технологии и системы в современном менеджменте. — СПб: Изд-во ВВМ, 2014. — 897 с.
5. Minakov V.F., Ilyina O.P., Lobanov O.S. Concept of the Cloud Information Space of Regional Government // Middle-East Journal of Scientific Research, 2014. — № 21 (1). — P. 190-196
6. Musaev A. A., Gazul S. M., Anantchenko I. V. The information infrastructure design of an educational organization using virtualization technologies // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), 2014. — № 27 (53). — С. 71-76
7. Трофимов В.В. Конвергенция информационных технологий. — СПб: Изд-во С.-Петерб. гос. ун-та экономики и финансов, 2011. — 21 с.
8. Hess K. Practical Virtualization Solutions: virtualization from the trenches, 2010. — 336 p.
9. An Updated Performance Comparison of Virtual Machines and Linux Containers [Электронный ресурс] // IBM Research [сайт]. [2014]. URL: <http://domino.research.ibm.com/library/cyberdig.nsf/papers/0929052195DD819C85257D2300681E7B> (дата обращения 11.04.2016)
10. Анализ современных технологий виртуализации [Электронный ресурс] // Хабрахабр [сайт]. [2017]. URL: <http://habrahabr.ru/company/centosadmin/blog/212985> (дата обращения: 12.04.2017)