

## Сущность, структура и классификация современных технологий виртуализации

*В статье приводится анализ понятия серверная виртуализация, раскрываются современные подходы к классификации технологий виртуализации, теоретико-методологические аспекты применения технологий виртуализации в системе управления вузом, а также аналитический обзор условий и принципов применения технологий серверной виртуализации в оптимизации или организации сетевой инфраструктуры современной организации.*

*Технологии виртуализации, классификация технологий виртуализации, виртуализация серверов, информатизация образовательной организации*

V.M.Gordievskikh,  
Shadrinsk

## The nature, structure and classification of modern virtualization technologies

*The article provides the analysis of the concept of server virtualization, reveals modern approaches to classification of virtualization technologies, theoretical and methodological aspects of the use of virtualization technologies in the system of University management, and analytical review of the conditions and principles on the use of server virtualization optimization or network infrastructure of a modern organization.*

**Key words:** *virtualization technologies, classification of virtualization technologies, server virtualization, the informatization of the educational organization*

Технологии виртуализации, следуя требованиям современного бизнеса, претерпели в промежутке с 2005 года по настоящее время существенные изменения.

- повышается роль технологий виртуализации в формировании ИТ-инфраструктуры предприятия за счет потенциального сокращения серверов и оптимизации нагрузки на имеющееся оборудование;

- рост числа компактных вычислительных устройств и беспроводного доступа к интернет порождают необходимость образования центров обработки данных (ЦОД);

Как отмечает А. Есауленко [4], в 2005 году, во времена виртуализации 1.0, основной задачей ЦОД являлась консолидация серверов для снижения капитальных расходов, и на этом первичном этапе технологии виртуализации главным образом разрабатывались и тестировались на предприятиях. Виртуализация 2.0 (образца 2008 года) уже затронула важнейшие рабочие процессы в ЦОД, виртуальные машины стали мобильными, а гипервизоры получили новые области применения. Стартовавшая в 2012 году виртуализация 3.0 предполагает создание полностью виртуализованных ЦОД, формирование на их основе частных и публичных облаков, предоставление ИТ в рамках сервисной модели.

Итак, мы весьма часто сталкиваемся с понятием «Виртуализация». В сфере информационных технологий данное понятие используется значительно чаще, особенно в последние годы, чем в других науках. Виртуализация применяется к различным сферам информационных технологий, таким как компьютерные сети, облачные вычисления, кластеризация и т.п. Определения данного понятия зачастую расплывчаты и сильно обобщены, и/или используются в контексте сопряженного понятия. Так «Виртуальный» в переводе (с лат. *virtualis* – возможный) понимается как такой, который может появиться при определенных условиях, либо существующий в воображении.

Различные словари определяют, понятие «виртуальный» во многом схоже: существующий в воображении, в изображениях (кино, тексты, рисунки и т.п.). При

нарушении самовосприятия может отождествляться с действительным, существующим в реальности [6, 7].

Итак, «виртуальный» - не существующий в реальности. Однако в сфере информационных технологий под «виртуальными» технологиями понимают вполне конкретные, реально существующие сервисы, например, виртуальное хранилище данных - хранит определенные файлы. Наряду с понятием виртуальность, в сфере информационных технологий, часто используется сопряженное понятие - виртуализация. Отдельные источники под виртуализацией подразумевают процесс создания виртуальной среды [6, 7]. Например, вычислительная система - виртуальная, а ее оперативная память - виртуализированный ресурс, помещенный в определенное адресное пространство микросхем памяти ЭВМ. Таким образом, под виртуализированным понимается такой ресурс, доступ к которому осуществляется через мнимые (виртуальные) сущности, но реально существующий.

Виртуализация - это создание виртуальной (а не фактической) версии чего-либо, например, операционной системы, сервера, устройства хранения данных или сетевых ресурсов.

Виртуализация - предоставление набора вычислительных ресурсов или их логического объединения, абстрагированное от аппаратной реализации, и обеспечивающее при этом логическую изоляцию вычислительных процессов, выполняемых на одном физическом ресурсе [3].

Виртуализация - это метод сокрытия физических характеристик компьютерных ресурсов от тех приемов, которыми другие системы, приложения или пользователи используют эти ресурсы. Существуют основные две версии этого метода, одна предполагает разделение какого-то единого физического ресурса (сервер, операционная система, приложение или система хранения данных) на множество логических, вторая обратная - множество физических ресурсов интегрируется в один логический [3]. В общем случае виртуализация означает процесс, в котором один компьютер представлен пользователю виртуализированной операционной системы другим компьютером или же, когда один компьютер представляется как несколько компьютеров со своей ОС на каждом. Реже под виртуализацией понимается обратная ситуация - когда несколько компьютеров представляются одним, т.н. серверным кластером.

Понятие виртуализация в сфере информационных технологий существует давно, но его сущность, с развитием ИТ, несколько изменилась. Так разделяя пространство жесткого магнитного диска на отдельные логические разделы, каждый из разделов представляется отдельным жестким диском. В итоге мы получаем, например, два виртуальных жестких диска в результате виртуализации - деления на логические диски существующего жесткого диска и, соответственно, два виртуализированных дисковых пространства.

В целом можно выделить три области информационных технологий, где применяется виртуализация: виртуализация сети, виртуализация хранения данных и виртуализация серверов.

Под виртуализацией сети подразумевают способ комбинирования имеющихся ресурсов вычислительной сети в процессе деления доступной пропускной способности на каналы, каждый из которых независим от других, и каждый из которых может быть назначен (или переназначен) конкретному серверу или устройству в режиме реального времени. Идея заключается в маскировке физической структуры сети, ее истинной сложности. Разделяя вычислительную сеть на отдельные сегменты, как и в случае с делением на разделы жесткого диска, вычислительная сеть становится более управляемой.

Виртуализация хранения данных - это объединение физического хранения данных с нескольких сетевых устройств хранения, в то, что, представляется одним запоминающим устройством, которое управляется с центральной консоли. Проявления виртуализации хранения данных можно наблюдать в облачных хранилищах, например, dropbox, Яндекс.Диск, облако@mail.ru и т.п.

Виртуализация серверов - это маскировка ресурсов сервера (в том числе количество и потенциал отдельных физических серверов, процессоров и операционных систем) от пользователей сервера. Основная цель серверной виртуализации – намерение избавить пользователя от необходимости понимать и управлять сложной архитектурой серверных ресурсов.

Зарождение технологии виртуализации началось ещё в 50-60 года прошлого века [4]. Наиболее раннее использование виртуализации включали IBM® 7044, Compatible Time Sharing System (CTSS), разработанная Массачусетским Технологическим Институтом (Massachusetts Institute of Technology - MIT) на IBM 704 и проект Atlas Университета Манчестера (один из первых суперкомпьютеров в мире), которые начали прокладывать путь в соответствии с требованиями сопровождения и запросами пользователей. Одним из самых первых проектов по оптимизации вычислительных ресурсов, положивших начало виртуализации, является Multiple Access Computer, разработанный в Кембриджском центре корпорации IBM [2]. Проект работал на базе мейнфрейма IBM System/360-67 под управлением ОС CP/CMS и специально написанной под него управляющей программы CP-67. Далее развитие технологий плавно шло до начала 80-ых годов, когда в виртуализации наступила долгая, примерно 15-ти летняя, пауза [1]. С 1995-96 года интерес к компьютерной виртуализации вернулся и начал стремительно расти. Некоторые источники [3, 4, 5] утверждают, что теоретическую основу компьютерной виртуализации положил тезис Черча-Тьюринга, сформулированный еще в 1937 году.

Мы видим, что IBM признав важность виртуализации еще в 1960-х вместе с развитием мейнфрейма System/360™ Model 67. Model 67 виртуализировала все интерфейсы оборудования через Virtual Machine Monitor или VMM. На заре вычислительной эры операционную систему называли *supervisor*. Когда стало возможным запускать одну операционную систему на другой операционной системе, появился термин *hypervisor (гипервизор)* (был введен в 1970-х).

Другое раннее использование виртуализации, в частности симуляция процессора, это P-code (или pseudo-code) машина. P-code -- это машинный язык, который выполнялся на виртуальной машине, а не на реальном оборудовании. P-code был разработан в начале 1970-х Pascal system в Калифорнийском Университете, Сан Диего (University of California, San Diego - UCSD). Компилируя программы на Pascal в P-code и далее выполняя их на P-code виртуальной машине получали высоко портируемые программы, которые могли работать везде, где есть доступ к виртуальной машине P-code. Вместе с тем, язык Java™, например, также поддерживает P-code модель для своей виртуальной машины. Благодаря этому программы Java могут выполняться на многочисленных архитектурах просто импортированием в виртуальную машину Java.

Такая же концепция была использована в 1960-е для Basic Combined Programming Language (BCPL), прародителями языка C. Эта модель используется и современными компиляторами для обеспечения гибкости импортирующих компиляторов для новых принимающих архитектур (разделяя front-end и back-end с помощью вспомогательного языка).

Виртуализация – это переход от физической организации вычислительных ресурсов к логической. Системы виртуализации используют различные методы исполнения кода, а так же современные гипервизоры позволяют как вручную, так и автоматически изменять объём оперативной памяти доступной для гостевой системы. Гипервизоры обеспечивают доступ гостевых операционных систем к реальному оборудованию, и имеется возможность, эмулировать оборудование, которое отсутствует в данный момент.

В рамках данной работы мы под понятием виртуализация будем подразумевать серверные технологии виртуализации, представляющие больший экономический интерес в направлении оптимизации информационной инфраструктуры организации.

Итак, понятие виртуализации далеко не новое и было введено ещё в 60-х годах компанией IBM, которая показала, что виртуализация - это технология, обеспечивающая абстрагирование процессов и их представления от вычислительных ресурсов.

Серверная виртуализация позволяет делить ресурсы одной физической вычислительной системы для работы нескольких процессов, каждый из которых использует отведенные ему ресурсы для выполнения своего набора задач.

В целом, виртуализация серверов может рассматриваться как часть общей тенденции в информационных технологиях, когда ИТ-средой может управлять пользователь, основываясь на личных целях, в которой вычислительные мощности рассматриваются в качестве утилиты, и клиенты платят только за те ресурсы, которые им в данный момент необходимы. Основная цель виртуализации заключается в централизации административных задач, связанных с улучшением масштабируемости и балансировки нагрузки на физические сервера.

С бурным развитием современных систем и технологий виртуализации, образованием центров обработки данных, облачных сервисов и мобильных вычислительных устройств появляются новые подходы к организации серверной инфраструктуры предприятий.

До появления аппаратной поддержки виртуализации технологии, такие как VMware, VirtualPC, VirtualBox и т.п. имели один существенный недостаток – это низкая производительность. Виртуальные машины работали как приложения, им соответственно выделялись ресурсы операционной системы, которая в свою очередь выделяла ресурсы физического сервера. В итоге производительность даже одной виртуальной машины оказывалась в несколько раз ниже, чем производительность физического сервера.

Ситуация кардинально изменилась, когда в процессорах появилась аппаратная поддержка технологий виртуализации VT-x и AMD-V. Были выпущены первые гипервизоры VMware Infrastructure (VMware ESX Server) и Microsoft Hyper-V. Эти продукты выступили полноценными решениями виртуализации серверов, позволяющие получить производительность виртуальных машин близкую к производительности физического сервера, на котором они запущены. Данные программные решения не единственные, и позволяют использовать серверную виртуализацию уже в масштабах предприятия. Таким образом, можно на ограниченном количестве высокопроизводительных серверов создать довольно мощную среду, состоящую из сотен виртуальных серверов, на которых будут работать виртуализированные корпоративные приложения, ERP системы. На сегодняшний день ни один ЦОД не обходится без систем виртуализации серверов.

Итак, подходов к классификации технологий виртуализации с появлением в последние годы аппаратной поддержки стало больше. Среди них мы встречаем по видам виртуализируемых ресурсов: виртуализация серверов, виртуализация приложений, виртуализация представлений, виртуализация уровня операционной системы.

**Виртуализация серверов.** Виртуализация серверов предполагает, что на одном физическом сервере будет запущено несколько виртуализированных серверов. Виртуализированные сервера представляют собой приложения, запущенные на хостовой операционной системе, которые эмулируют физические устройства сервера. Каждая виртуализированная ЭВМ имеет свою операционную систему, которая управляет собственным набором служб и приложений. Представителями данного направления технологий виртуализации являются продукты VMWare ESX и Microsoft Hyper-V.

**Виртуализация приложений.** Виртуализация приложений позволяет эмулировать ресурсы ОС (реестр, файлы, и т.д.), благодаря чему становится возможным использовать в одной и той же операционной системе несколько несовместимых между собой приложений одновременно. Одним из представителей

данного направления технологий выступает Microsoft Application Virtualization (App-V), позволяя пользователям запускать одно и то же заранее сконфигурированное приложение. При этом приложения будут работать независимо друг от друга, не внося никаких изменений в операционную систему.

**Виртуализация представлений.** Виртуализация представлений подразумевает эмуляцию интерфейса пользователя. Пользователь видит приложение и работает с ним на своём ПК, тогда как приложение выполняется на удалённом сервере, а пользователю передаётся лишь картинка удалённого приложения. В зависимости от настройки пользователь может видеть удалённый рабочий стол и запущенное на нём приложение, либо только само окно приложения. Данная технология реализуется Microsoft Terminal Services и на базе решений Citrix.

**Виртуализация уровня операционной системы.** Виртуализация уровня операционной системы, как технология, предполагает изоляцию служб в рамках одного экземпляра ядра операционной системы, поддерживая одну операционную систему изолирует независимые серверы друг от друга. Виртуализация уровня операционной системы основывается на ядре хостовой операционной системы, а гостевые ОС используют его как свое. Преимуществом данного вида технологий виртуализации является высокая производительность, достигаемая путем использования одного хостового ядра, сравнимая с производительностью хостовой ОС.

Чаще встречается классификация технологий виртуализации по типам виртуализации: эмуляция оборудования, эмуляция и разработка, полная виртуализация, гипервизоры на старом оборудовании, паравиртуализация, виртуализация уровня операционной системы.

По типу реализации подразделяют на программную, аппаратную виртуализацию и виртуализацию уровня операционной системы. В свою очередь, аппаратную подразделяют на Intel VT (Intel Virtualization Technology) и AMD virtualization (AMD-V). Технологии программной виртуализации представлены спектром технологий: динамическая трансляция, паравиртуализация, встроенная виртуализация.

По областям применения технологии виртуализации разделяют на: виртуальные машины, виртуализация ресурсов, виртуализация приложений.

Итак, ввиду многообразия областей применения, повышения аппаратных возможностей, и развитии программного обеспечения мы наблюдаем смешение различных видов классификаций и одновременно отсутствие единого подхода.

На наш взгляд данная неопределенность появилась в результате бурного развития и программных и аппаратных средств виртуализации. Актуальность новых подходов к делению и управлению физическими ресурсами вычислительных систем заставляет разработчиков совершенствовать программные и аппаратные технологии виртуализации в целом и серверные в частности. Анализируя технологии виртуализации до появления аппаратной поддержки можно констатировать, что основными направлениями виртуализации были виртуализация приложений и представлений. Аппаратная (процессорная) поддержка технологий виртуализации (AMD-V и VT-x) существенно повысила производительность виртуальных машин предоставив разработчикам расширенный набор инструкций, которые облегчают выполнение операций на аппаратном уровне, что до недавнего времени возможно было реализовать только программно, затрачивая дополнительные вычислительные ресурсы. Преимущества аппаратной виртуализации над программной:

1. Виртуальные машины изолированы от аппаратного обеспечения, что увеличивает гибкость и надежность управления;
2. Приложения запускаются в разных, изолированных друг от друга, программных средах, что увеличивает безопасность;
3. Виртуализация скрывает сложность инфраструктуры аппаратных средств, что упрощает менеджмент системы;
4. Виртуализация абстрагирует IT-сервисы от аппаратных средств, что позволяет улучшить контроль и доступ пользователей;

5. Упрощается разработка платформ виртуализации за счет предоставления аппаратных интерфейсов управления, что способствует появлению и развитию новых платформ виртуализации;

6. Увеличивается быстродействие платформ виртуализации на основе аппаратных техник;

7. Возможен независимый запуск нескольких виртуальных платформ с возможностью переключения между ними на аппаратном уровне. Несколько виртуальных машин могут работать независимо, каждая в своем пространстве, что позволяет устранить потери быстродействия и увеличить защищенность виртуальных машин;

8. Возможен запуск не модифицированных операционных систем на системах паравиртуализации [2];

9. Запуск 64-битных гостевых систем на 32-битных хостовых системах с запущенными в них 32-битными средами виртуализации за счет абстрагирования гостевой системы от архитектуры хостовой системы.

Данные преимущества подчеркивают значимость аппаратной процессорной поддержки технологий виртуализации. В результате деление на технологии программной виртуализации и технологии аппаратной виртуализации становится несостоятельным ввиду того, что, в сущности, речь идет об общем развитии технологий виртуализации. Проблемы программных технологий виртуализации, копившиеся на протяжении ряда лет и замедлявшие их развитие, были решены путем введения процессорной поддержки.

С другой стороны, часть технологий, например Virtual Box, приобрели благодаря аппаратной поддержке новые возможности и производительность, тем самым перейдя из разряда эмуляции аппаратных средств программными на уровень поддержки аппаратной виртуализации. Что привело к увеличению производительности, с самого медленного уровня, ограничивающего применение технологии VirtualBox только для тестирования и изучения различных ОС, до уровня позволяющего практически без потерь, если используются расширения, достигать производительности хостовой ОС, расширяя сферу применения и в образовательных целях и решения специфичных задач управления большим количеством используемого ПО и т.д. Задача управления большим количеством ПО актуальна для торговых организаций, работающих с большим количеством каталогов, которые целесообразнее размещать в виртуальной ОС. В случае нарушения работы хостовой операционной системы или оборудования отпадает необходимость с переустановкой ОС переустанавливать и программы-каталоги, сводя задачу восстановления работоспособности ПК к установке ОС и развертывании виртуальной ОС с каталогами существенно экономя время и трудозатраты системных администраторов.

Таким образом, многие технологии виртуализации с переходом на аппаратную поддержку приобрели новые технологические возможности, и большинство классификаций существовавших ранее оказались несостоятельными. Отметим, что у всех технологий виртуализации независимо от вида есть одна общая черта – специальное программное обеспечение для управления виртуализированными ресурсами. Программное обеспечение, позволяющее виртуализировать системные ресурсы, называют гипервизор. Более подробно сущность понятия и виды современных гипервизоров мы рассмотрим в следующем параграфе. В данном случае отметим, что классификации технологий виртуализации основываются на взаимодействии гипервизора с аппаратными ресурсами и хостовой ОС.

Рассматривая технологии программной виртуализации отметим, паравиртуализация представляет собой технику виртуализации, при которой гостевые операционные системы подготавливаются для исполнения в виртуализированной среде, для чего их ядро незначительно модифицируется. В основе данной технологии программа - гипервизор, который предоставляет гостевой API, код касающийся виртуализации, локализуется непосредственно в операционную систему. При

динамической (бинарной) трансляции проблемные команды гостевой операционной системы перехватываются также гипервизором. После того как эти команды заменяются на безопасные, происходит возврат управления гостевой системе. Встроенная виртуализация представляет собой подход, основанный на использовании аппаратно-поддерживаемых возможностей виртуализации (в частности AMD-V и Intel VT), что позволяет клиентам запускать любые версии операционных систем и использовать различные варианты рабочих сред. Фактически, это реализация функций полной виртуализации на аппаратном уровне.

В сущности, данная классификация основывается на взаимодействии гипервизора и операционной системы, а возможности гипервизоров связаны с технологиями аппаратной поддержки виртуализации. Более того, например программная платформа виртуализации Virtual Iron являясь представителем встроенных технологий виртуализации выполнена на основе гипервизора Xen, который в свою очередь является кроссплатформенным и поддерживает режимы паравиртуализации и аппаратной виртуализации.

Итак, отметим, что многие классификации технологий серверной виртуализации неразрывно связаны с возможностями программ-гипервизоров. На сегодняшний день состоятельными остаются классификации основанные на типах применяемых гипервизоров. Учитывая типы гипервизоров, можно определить следующие виды виртуализации: полная виртуализация, паравиртуализация, виртуализация уровня ОС и различные виды эмуляции.

Наибольший интерес для информатизации образовательной организации представляют те виды виртуализации, которые позволяют разделять ресурсы физического сервера для поддержки виртуальных машин и сетевых сервисов. К ним можно отнести виртуализацию серверов (полная виртуализация и паравиртуализация) и виртуализацию на уровне операционных систем. Каждая из перечисленных видов имеет свой гипервизор. Обобщая технологии серверной виртуализации на основе принципиально общего конечного результата можно выделить группу технологий виртуальных машин (ТВМ), объединяющую группы технологий полной виртуализации и паравиртуализации, и технологию виртуализации уровня операционной системы (ТВОС). Технологии виртуальных машин предполагают, что на одном физическом сервере будет запущено несколько виртуализированных серверов. Каждая виртуализированная ЭВМ имеет свою операционную систему, которая управляет собственным набором служб и приложений. Представителями данного направления технологий виртуализации являются продукты VMWare ESX и Microsoft Hyper-V.

Технологии виртуализации уровня операционной системы, предполагают изоляцию служб в рамках одного экземпляра ядра операционной системы, поддерживая одну операционную систему, изолируют независимые серверы друг от друга. Виртуализация уровня операционной системы основывается на ядре хостовой операционной системы, а гостевые ОС используют его как свое. Представителями данного направления являются OpenVZ, Linux-VServer, FreeBSD Jails, LXC, Solaris Containers и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Виртуализация для хостинга: тупик или прорыв? [Электронный ресурс] // Администрирование серверов. Обслуживание компьютеров. – Режим доступа: <http://ha-systems.ru/virtualizacija-dlja-hostinga>. – 26.04.2014.
2. Виртуальная реальность по-русски: осваиваем виртуализацию уровня ОС на примере OpenVZ [Электронный ресурс] // Хакер Online. – Режим доступа: <http://www.haker.ru/post/56244/>. – 26.04.2014.
3. Виртуальный Linux - Обзор методов виртуализации, архитектур и реализаций [Электронный ресурс] // IBM developerWorks Россия. – Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-linuxvirt/index.html>. – 26.04.2014.
4. Есауленко, А. Microsoft, разработано в России [Электронный ресурс] / А. Есауленко // Computerworld Россия. – 2012. – № 13. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/cw/2012/13/13015632/>.

5. Колесов, А. Вернемся к нашим гипервизорам [Электронный ресурс] // PC Week/RE №16 — 17 (670 — 671) 5. – Режим доступа: <http://www.pcweek.ru/its/article/detail.php?ID=118886>. – 18.05.2009.
6. Словарь современных понятий и терминов [Текст] / сост. Н.Т. Бунимович. – Республика, 2002. – 528 с.
7. Толковый словарь русского [Текст] / сост. С.Ожегов. – М. : Оникс-ЛИТ, Мир и Образование, 2012. – 1376 с.