



NETAPP TECHNICAL REPORT

Использование NFS в VMware

Bikash Roy Choudhury

Июль 2010 | TR-3839

Коротко о главном:

Продукты VMware® для серверной виртуализации нацелены на наиболее критичные проблемы в IT, такие как вопросы серверной производительности и надежности работы, растущие уровни потребления ресурсов, медленные темпы развертывания систем и сложность процессов обеспечения защиты данных. Выбор правильного решения хранения и наиболее оптимальной конфигурации – ключ к достижению максимальной эффективности вашей виртуализованной среды.

В данном документе рассматриваются потенциальные преимущества использования в инфраструктуре хранения VMware работы по Network File System (NFS) с системы хранения NetApp®. Использование NetApp NFS предлагает такие преимущества, как простота управления, снижение затрат, упрощение организации защиты данных и распределение емкости хранения, а также улучшение производительности и масштабируемости хранилища. Обсуждаются ряд наилучших, рекомендованных решений и важные аспекты использования VMware с NetApp NFS.

Оглавление

1 Введение	3
1.1 Целевая аудитория документа.....	4
2 Обзор использования VMware с NFS	4
3 Зачем нужно использовать NetApp NFS в VMware?	6
3.1 Простота управления	7
3.2 Производительность	7
3.3 Консолидация и масштабируемость	7
3.4 Распределение пространства	8
3.5 Улучшенная защита данных и катастрофоустойчивость.....	8
3.6 Эффективность хранения	8
3.7 Снижение стоимости.....	9
4 Вопросы процесса развертывания.....	9
4.1 Создание оптимальной сетевой среды	10
NFS и производительность системы хранения	11
4.2 Выравнивание виртуального диска	13
4.3 Начальная загрузка.....	14
4.4 Эффективное управление временными файлами	14
4.5 VMware Tools и драйвера	15
4.6 Thin Provisioning	16
4.7 Защита данных.....	17
4.8 Системы высокой доступности и катастрофоустойчивости.....	18
Методы обеспечения высокой доступности данных с NFS	18
Опциональные решения	21
5 Выводы	22

1 Введение

Переход к повсеместной серверной виртуализации на сегодняшний день есть крупнейшая инфраструктурная эволюция в IT-мире. Решения серверной виртуализации, например те, что предлагаются VMware, нацелены на решение основных проблем серверной инфраструктуры предприятий:

- Низкий уровень использования активов
- Растущие требования по электропитанию, охлаждению и пространству в датацентре
- Неадекватная производительность и надежность
- Медленное восстановление данных в случае сбоя
- Медленные процессы выделения ресурсов задачам (*provisioning*)
- Сложные процесс организации катастрофоустойчивости (*disaster recovery*)

Серверная виртуализация, предлагаемая VMware позволяет вам запускать множество виртуальных серверов (обычно называемых «виртуальными машинами», или VM) на одном физическом сервере. Ресурсы этого одного физического сервера разделяются между несколькими виртуальными машинами. Виртуализация обеспечивает высокий уровень использования оборудования и устраняет проблемы, которые приводят к необходимости обслуживать и управлять множеством недоиспользованных физических серверов.

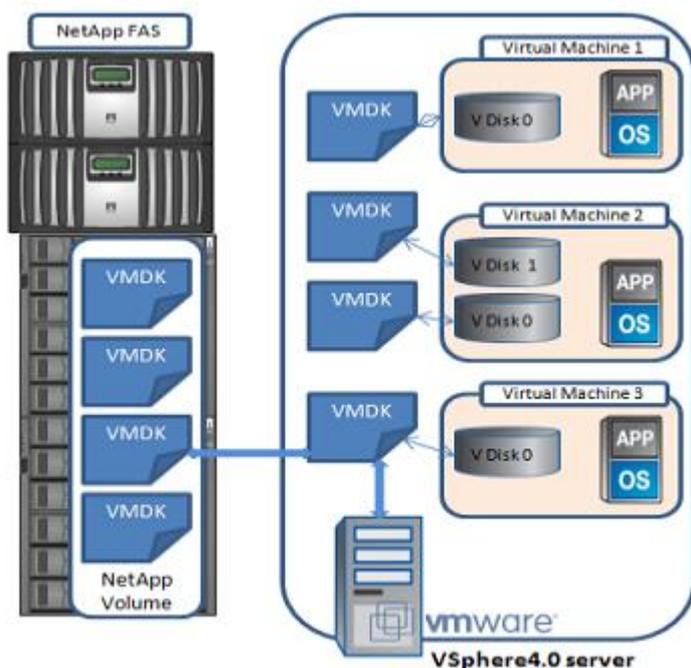


Рис. 1) В типичной серверной системе VMware, множество виртуальных машин работают на едином физическом сервере. Хранилище для VMware и работающих на нем VM обеспечивается сетевой системой хранения, например NetApp.

VMware поддерживает как варианты непосредственно подключенного хранилища (*direct-attached storage*), так и сетевые системы хранения, работающие по протоколам Fibre Channel, iSCSI, NFS и FCoE. Каждый из них может рассматриваться в качестве возможного варианта подключения, в зависимости от соответствующих требований и условий задачи. Данный документ содержит общий обзор технологии виртуализации от VMware, и описывает ряд преимуществ, которые дает

использование систем хранения NetApp по протоколу NFS. Недавний отчет The Gartner Group также подтверждает важность этих преимуществ для виртуальной инфраструктуры.

<http://media.netapp.com/documents/gartner-report.pdf>

1.1 Целевая аудитория документа

Документ предназначен пользователям, которые рассматривают применение универсального хранилища (*unified storage*) NetApp для хранения данных в задачах виртуализации, и хотят больше узнать об использовании NetApp NFS для их виртуализованной серверной системы. Эти пользователи уже используют или намереваются использовать хранилище на технологии Ethernet и ищут информацию об использовании VMware по протоколу NFS и/или аспектах дизайна такого решения.

Целевой аудиторией не являются:

- Пользователи, находящиеся на ранней стадии разработки виртуализованной инфраструктуры, например которым требуется руководство общего характера по достижению максимальной операционной эффективности с использованием систем универсальной архитектуры NetApp совместно с VMware
- Пользователи, которые не планируют использовать NFS в своей виртуализованной инфраструктуре

2 Обзор использования VMware с NFS

VMware предлагает использование технологии гипервизора, которая обеспечивает полную виртуализацию для операционной системы в виртуальной машине. Виртуальные машины VMware ведут себя также, как физические машины. Виртуальные машины имеют свое собственное виртуальное оборудование, включая процессоры, память, жесткие диски и сетевые интерфейсы. «Гостевая» OS устанавливается в виртуальную машину не видя разницы между физической и виртуальной машинами. Сверх этого, виртуальные машины предлагают множество преимуществ по сравнению с физическими компьютерами:

- **Совместимость.** Гостевые OS «видят» стандартное оборудование x86-системы. Как результат, «виртуальная аппаратная часть» виртуальных машин совместима со всеми стандартными операционными системами под архитектуру x86, приложениями и драйверами.
- **Изоляция.** Виртуальные машины изолированы одна от другой и, как правило, даже «не знают», что работают на некоей физической платформе вместе с другими виртуальными машинами. Если одна из виртуальных машин аварийно останавливается, то другие этого не замечают.
- **Инкапсуляция.** Гостевая OS и ее виртуальная машина представляют собой набор файлов. Это делает их легко переносимыми и администрируемыми. Вы можете перемещать виртуальные машины просто как любой набор обычных файлов.
- **Аппаратная независимость.** Виртуальные машины полностью независимы от нижележащего физического уровня оборудования. Это означает, что вы можете перемещать виртуальную машину с одного физического сервера на другой, без необходимости что-то менять в гостевой операционной системе.

Гипервизор VMware выделяет физические ресурсы виртуальным машинам динамически и прозрачно, поэтому они получают ровно столько ресурсов, сколько им на самом деле необходимо.

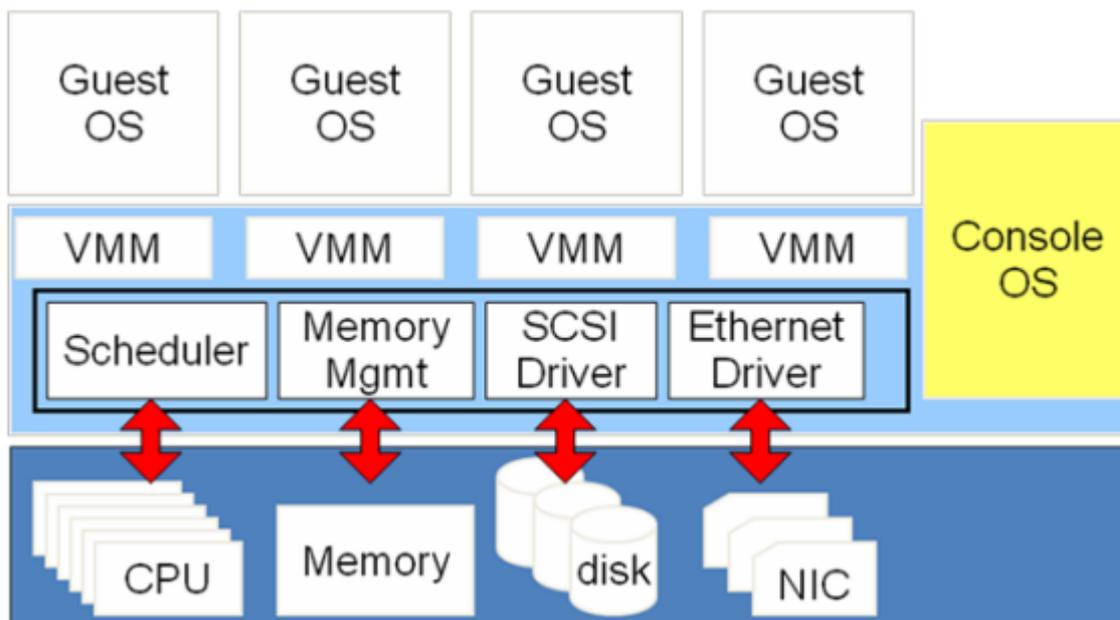


Рис. 2) Архитектура VMware ESX server.

Гипервизор VMware позволяет использовать для хранения виртуальных машин несколько различных протоколов, среди которых можно выбрать наиболее соответствующий вашей задаче и ее требованиям:

- Fibre Channel protocol (FCP) использует в качестве транспорта 4Gbit/sec или 8Gbit/sec интерфейс Fibre Channel («блочный» протокол SAN)
- Fibre Channel over Ethernet (FCoE), использующий в качестве транспорта 10GbE («блочный» протокол SAN)
- iSCSI protocol, работающий по GbE или 10GbE («блочный» протокол SAN)
- NFS работающий по Gigabit Ethernet (GbE) или 10-Gigabit Ethernet (10GbE) («файловый» протокол NAS)

Со времени своего появления в 1984 году, Network File System стала стандартом для протокола совместного доступа к файлам в сети, прежде всего в UNIX® и Linux®. На протяжении прошедших 20 лет, протокол NFS постепенно эволюционирует в направлении обеспечения соответствия новым требованиям и меняющемуся рынку. Протокол NFS в системах хранения NetApp (далее *NetApp NFS*) предлагает зрелую и стабильную его реализацию, соответствующую всем требованиям, предъявляемым VMware.

NFS - это файловый протокол для network-attached storage (NAS), позволяющий организовать клиент-серверное подключение между хостом VMware ESX и сетевой системой хранения NAS. NFS отвечает за организацию структуры файлов и директорий на физической системе хранения. Он также обрабатывает ряд аспектов совместного доступа и обеспечивает файлсерверные «примитивы», которые можно использовать для координации доступа с нескольких серверов. Хосты ESX используют эти примитивы для обеспечения совместного доступа к виртуальным

машинам VMware сходным образом с тем, как virtual machine file system (VMFS) делает это для блочного протокола.

VMware добавила поддержку NFS в VMware ESX 3.x. В vSphere™ 4, все основные возможности, такие как VMotion™, VMware snapshot, VMware HA, и VMware DRS работают и поддерживаются для датасторов NFS, также как они работают с VMFS. VMware встроила NFS в слой дисковой виртуализации ESX и работает с протоколом NFS непосредственно, так что гостевой операционной системе необязательно иметь поддержку этого протокола. Одним из преимуществ такого подхода является то, что виртуальные машины могут запускать в качестве «гостевой OS» Windows®, несмотря на то, что Windows не имеет нативной поддержки NFS и не может загружаться с тома по NFS.

В случае использования блочных протоколов, например FCP, FCoE, или iSCSI, VMware создает на подключенном LUN специальную файловую систему для организации и хранения файлов виртуальных машин. Системная логика файловой системы VMFS выполняется на стороне сервера VMware. В случае использования NetApp NFS, сервер NFS работает на стороне системы хранения, ответственной за его работу и обеспечивает ее функционирование и системную логику.

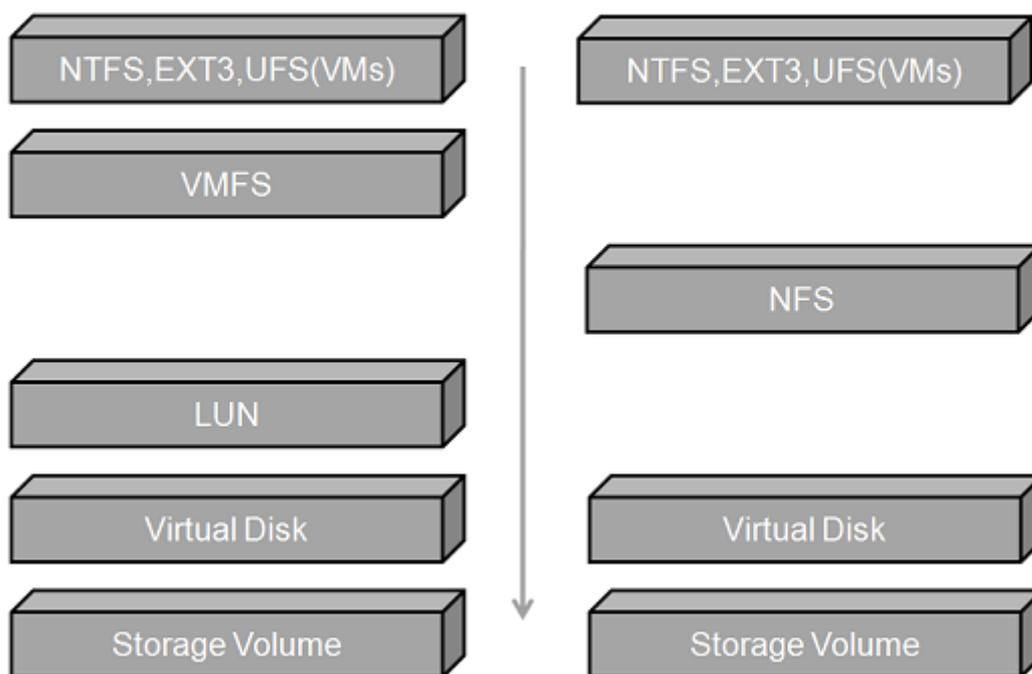


Рис. 3) Сравнение стека ввода-вывода для «блочных» конфигураций VMware (FC, iSCSI) в сравнении с конфигурацией NetApp NFS.

3 Зачем нужно использовать NetApp NFS в VMware?

Для лучшего понимания выгод использования VMware, рассмотрим компанию с 1000 физических серверов. Обычно такая компания может использовать VMware для консолидации примерно 80% эти серверов в гораздо меньшее количество датасторов VMware — 100 будет довольно типичное значение. Это гигантское сокращение с точки зрения управления ресурсами. Универсальное хранилище NetApp обеспечивает как блочный, так и файловый сервис для виртуализованной инфраструктуры на одной и той же физической системе хранения.

Универсальное хранилище NetApp предлагает значительные преимущества в следующих областях:

- Простота управления
- Производительность
- Масштабируемость
- Удобство распределения емкости
- Защита данных
- Эффективность хранения
- Стоимость

Каждое из этих преимуществ обсуждается в следующих главах подробно, с упором на преимущества конкретно NFS. По приведенной ссылке вы можете прочитать об одном из многих наших пользователей, использующих VMware по NFS.

<http://www.netapp.com/us/library/customer-stories/embl-en.html>.

3.1 Простота управления

Так как экземпляры виртуальных машин в VMware это просто набор обычных файлов, то управление средой VMware, работающей с NetApp NFS это просто управление этими файлами. Используя NetApp NFS, вы можете размещать в датасторе значительно большее количество виртуальных машин, что сокращает количество датасторов, и упрощает процессы администрирования, что снижает общие административные затраты. Упрощение процессов администрирования, как уже говорилось выше, это большое преимущество для больших промышленных систем, использующих среду VMware с NetApp NFS.

3.2 Производительность

На мультипротокольной системе хранения NetApp практически нет заметной разницы при работе VMware по блочным (iSCSI или FC) и файловому протоколу (NFS). [Недавний тест](#), проведенный VMware по сравнению производительности виртуальной машины с MS Exchange на NFS и iSCSI, работающих по Gigabit Ethernet, и FCP, работающего по 4Gb/sec Fibre Channel, показал, что все три протокола имели разницу в производительности в пределах 7% один относительно другого, в параметрах пропускной способности и времени задержки (latency). Ранее проведенное совместно NetApp и VMware [тестирование производительности](#) показало сходные результаты.

Для подробностей смотрите следующие документы:

- [VMware vSphere 4: Exchange Server on NFS, iSCSI, and Fibre Channel \(VMware white paper\)](#)
- [NetApp TR-3697: Multiprotocol Performance Test of VMware ESX 3.5 on NetApp Storage Systems: A Performance Comparison of FC, iSCSI, and NFS](#)
- [VMware vSphere and ESX 3.5 Multiprotocol Performance Comparison Using FC, iSCSI, and NFS](#)

Использование сетевого интерфейса 10GbE с NetApp NFS может обеспечить увеличенную пропускную способность, включая более низкое время задержки (*latency*) и более высокие показатели IOPS, на задачах с высокой степенью использования полосы пропускания. Смотрите главу **NFS и производительность системы хранения** для подробностей.

3.3 Консолидация и масштабируемость

Датастор NFS может обеспечить работу более 250 виртуальных машин в одном датасторе. Возможность использовать меньшее количество больших датасторов снижает количество

контейнеров хранения, требующих администрирования. Таким образом, использование датасторов NFS снижает общее количество необходимых операций администрирования при распределении пространства, репликации, резервном копировании, и так далее.

3.4 Распределение пространства

Поскольку с использованием NetApp NFS вы сможете обойтись меньшим количеством датасторов, требуется и меньше процессов «распределения ресурсов», процесс такого «распределения» сводится просто к созданию тома NFS и монтированию его на сервере VMware через его графический интерфейс. Если вам потребуется изменить размер, вы сможете как расширить, так и сжать датастор «на ходу». Плагин NetApp Rapid Cloning Utility (RCU) это бесплатный инструмент для интеграции процедур выделения пространства и управления им в VMware vCenter™ (платформа администрирования виртуализованной инфраструктуры VMware), который автоматизирует распределение пространства в датасторе, клонирование VM как на уровне VM, так и на уровне датастора, и упрощает процесс распределения пространства хранения. RCU может автоматически «кастомизировать» гостевую OS для каждого созданного клона VM и импортировать клоны в VMware vCenter 4.0. RCU интегрирует в VMware vCenter операции выделения места, изменения размера выделенного места, дедупликации и удаления датастора.

3.5 Улучшенная защита данных и катастрофоустойчивость

NetApp SnapManager® for Virtual Infrastructure (SMVI) разработан, чтобы упростить управление процессами создания резервных копий, восстановления из них, и операций обеспечения катастрофоустойчивости в среде VMware. С помощью SMVI вы можете создавать консистентные резервные копии всех ваших виртуальных машин VMware за считанные секунды, или мгновенно восстанавливать датастор, виртуальную машину, виртуальный диск (файл VMDK), или же даже отдельный файл внутри «гостевой OS». Так как SMVI работает с VMware независимо от использованного протокола хранения, гранулярность восстановления данных на уровне отдельных файлов это большое преимущество NetApp NFS, поскольку файловая система расположена на системе хранения.

Средства высокой готовности VMware (VMware HA) и VMware Site Recovery Manager (SRM) также работают с NetApp NFS. (Поддержка NFS в SRM появилась в VMware vSphere.) SRM4.0 с SRA 1.4.3 поддерживают дисковые хранилища NFS начиная с vSphere 4.0.

3.6 Эффективность хранения

NetApp предлагает ряд технологий повышения эффективности хранения, которые могут значительно сократить требования к объемам хранения, выдвигаемые системой VMware. Как и в случае с методами защиты данных, все эти возможности работают независимо от протокола.

- **Дедупликация.** Датастор VMware обычно имеет довольно высокий уровень дубликации хранимых данных. Это вызвано тем, что он обычно содержит множество экземпляров одной и той же гостевой операционной системы в разных виртуальных машинах, прикладных программ, и так далее. Технология дедупликации в системах хранения NetApp может устранить дублирующиеся данные на суб-файловом уровне, резко снижая объем хранения, занимаемый всей системой VMware. Величина экономии пространства составляет от 50% до 90%, с типичной ожидаемой величиной в 70%.

NetApp использует интеллектуальное управление памятью и кэшированием, взаимодействующее с механизмом дедупликации, под названием Flash Cache. Блоки

данных, запрашиваемые клиентом, в случае, если они дедуплицированы, по первому обращению к ним извлекаются с жестких дисков и помещаются в кэш. Последующие обращения к блокам того же содержимого происходят из кэша. Операции ввода-вывода из памяти значительно быстрее, чем такие же операции с дисков. Более высокий уровень дедупликации и более частый доступ к идентичным по содержимому блокам означает, что повышается эффективность кэша, что ведет к лучшей производительности по вводу-выводу для дедуплицированных данных. Комбинация из дедупликации и Flash Cache делает возможным, например, загрузку сотен виртуальных машин одновременно с зашифрованного за счет дедупликации загрузочного образа VM в пространстве кэша чтения Flash Cache.

- **Thin provisioning.** Thin provisioning или «экономное распределение пространства» позволяет вам использовать так называемый *oversubscribing* на датасторе VMware, то есть выделять при распределении пространства виртуальным машинам больше места, чем его физически присутствует в данный момент на системе хранения в датасторе, рассчитывая на то, что не все виртуальные машины моментально заполнят все отведенное им место. Для файлов VMDK на NFS режим *thin provisioned* это опция по умолчанию, и она заметно сокращает начальное потребление пространства на системе хранения.

Thin provisioning может использоваться как на томах NFS, так и на LUN-ах. На томах NFS, возврат пространства ранее занятой файлами VMDK, после их удаления, осуществляется непосредственно, то есть система хранения немедленно получает назад пространство, освобожденное томами *thin provisioned*, без необходимости каких-либо дополнительных действий администратора системы хранения.

- **Клонирование.** Почти любая инфраструктура VMware нуждается в средствах создания копий (или «клонов») существующих виртуальных машин для целей тестирования, создании новых виртуальных машин из эталонных экземпляров, и так далее. Технология NetApp FlexClone® позволяет вам создавать мгновенные клоны существующих виртуальных машин, в момент создания практически не занимающих дополнительного места на дисках. Как уже описывалось выше, утилита NetApp RCU может автоматизировать большинство процессов клонирования.

3.7 Снижение стоимости

Упрощение администрирования, консолидация ресурсов, масштабируемость и эффективность хранения, обеспеченные использованием NFS, снижают операционную стоимость инфраструктуры VMware.

Сходным образом, сеть хранения с использованием iSCSI может использовать недорогую сетевую инфраструктуру.

4 Вопросы процесса развертывания

Как и в случае любого важного выбора крупного инфраструктурного решения, в случае, когда вы выбираете использовать VMware с NetApp NFS вы должны внимательным образом спланировать и осуществить выбранное решение. В качестве руководства разумно будет использовать рекомендации NetApp, изложенные в следующих документах:

- [TR-3428: NetApp and VMware Virtual Infrastructure 3 Storage Best Practices](#)¹
- [TR-3749: NetApp and VMware vSphere Storage Best Practices](#)²

Выберите документ, соответствующий используемой вами версии VMware. Оба документа включают в себя исчерпывающий список наилучших практик и рекомендаций, включающих в себя и вопросы использования VMware с NetApp NFS. Рассмотрены темы:

- Конфигурация системы хранения
- Рекомендации по конфигурации NFS, включая сетевые настройки и наилучшие рекомендуемые решения
- Оптимальная конфигурация для сети Ethernet
- Оптимальная степень использования системы хранения
- Резервное копирование на диски

NetApp Virtual Storage Console (VSC) - это плагин для VMware vCenter, который позволяет администратору наблюдать и управлять специфическими атрибутами хоста ESX, как при работе с NAS, так и с SAN-протоколами. VSC заменяет NetApp ESX Host Utilities Kit для пользователей vSphere 4.0. Когда вы конфигурируете систему хранения NetApp через VSC, вы можете быть уверены, что настройки системы хранения (включая настройки NFS) будут сделаны в соответствии с рекомендациями NetApp. Он также предоставляет средства обнаружения и устранения возникающих проблем подключения. VSC объединяет в себе все лучшие практики, рекомендованные NetApp и VMware, включая и инструменты для правильного выравнивания VM на нижележащем хранилище.

В главах далее мы разберем ряд вопросов, важных при использовании NetApp NFS, и приведем ссылки на дополнительные ресурсы на соответствующие темы. Рассмотрены вопросы:

- Создание оптимальной сетевой среды
- Выравнивание виртуального диска
- Начальная загрузка
- Эффективное управление временными файлами
- Thin Provisioning
- VMware Tools и драйвера
- Защита данных
- Высокая доступность и катастрофоустойчивость

4.1 Создание оптимальной сетевой среды

Когда вы создаете сеть NFS для ваших серверов VMware и систем хранения NetApp помните, что вы разрабатываете сеть хранения, которая должна обладать достаточной производительностью и надежностью, для обеспечения работы вашего кластера VMware.

Рекомендации, которые помогут вам создать оптимальную сетевую среду:

- Отделяйте сетевой трафик IP-сети хранения (NFS или iSCSI) от трафика LAN в отдельную физическую подсеть на своих коммутаторах, или, по крайней мере, логически изолируйте ее в VLAN.

¹ Есть перевод на русский язык

² Перевод на русский язык готовится на момент выпуска данного документа

- Включите *flowcontrol*. В гипервизоре и на портах системы хранения должны быть установлены значения *flow control send ON*. На соответствующих портах коммутатора должны быть установлены значения *Desired* или *receive ON*.
- Включите использование протокола *spanning tree protocol* с использованием *RSTP* или *portfast*. При использовании транкинга VLAN 802.1q включите также *spanning-tree portfast trunk*.
- Фильтруйте/ограничивайте *bridge protocol data units* на портах системы хранения.
- Сконфигурируйте использование *jumbo frames* (всегда должны быть сконфигурированы «от и до» на всем протяжении сети, от порта хоста, до порта системы хранения, включая все коммутаторы «по пути») для всех устройств и для всех путей IP. Гипервизор и система хранения должны использовать стандартный размер *jumbo frame* в 9000 байт, однако *MTU size* на портах коммутатора должны быть установлены в максимально возможное для оборудования значение. Поддержка *jumbo frames* для NFS (и iSCSI) была добавлена в VMware ESX 3.5U3 и новее.
- Рассмотрите переход на использование сетевого кабеля CAT6, вместо CAT5/5e, для сети хранения. GbE будет работать и по кабелю Cat5, а процессы *retransmission* помогут восстановить доставленные с ошибками фреймы, но в случае задач IP-сети хранения это может сказаться нежелательным и плохо предсказуемым снижением производительности.
- Убедитесь, что ваши коммутаторы Ethernet имеют достаточное количество буферов портов, и других внутренних возможностей, чтобы оптимально обеспечить прохождение трафика NFS.
- Хотя в vSphere и была добавлена поддержка IPv6 для сетей VM и VMkernel, IPv6 для VMkernel по-прежнему находится в состоянии «экспериментального» в первом релизе vSphere, и его использования следует, по возможности, избегать.
- Настоятельно рекомендуется рассмотреть возможность использования коммутаторов с функцией *cross-switch port aggregation*, например таких, как *cross-stack Etherchannel* или *Virtual Port Channeling*.
- Рассмотрите возможность перехода на 10GbE, как наиболее перспективное направление развития технологий Ethernet, для использования его при работе с датасторами NFS.

NFS и производительность системы хранения

Существует три основных параметра производительности системы хранения: Полоса пропускания канала (*bandwidth*, измеряемая в мегабайтах в секунду (MBps)), производительность в операциях ввода-вывода в секунду (*I/O operations per second* (IOPS)), и время задержки (*latency* (ms)). Производительность в операциях ввода-вывода и полоса пропускания связаны между собой, так как ширина полосы пропускания есть количество операций ввода-вывода, умноженное на размер блока оперируемых данных. Размер блока ввода-вывода обычно определяется на стороне хоста.

Величина в IOPS обычно определяется backend-конфигурацией системы хранения. Если рабочая нагрузка хорошо кэшируется, то IOPS зависит от быстродействия кэша; чаще же всего он определяется конфигурацией и количеством физических дисков системы на объект хранения. В случае датастора по NFS, объектом хранения будет являться файловая система. На системе хранения NetApp величина достижимого IOPS в первую очередь зависит от числа дисков, входящих в aggregate.

Следует знать, что каждый датастор NFS монтируется на ESX (включая и vSphere) с помощью только одной TCP-сессии на NFS-датастор, несущей как *NFS control*, так и *NFS data*. По этой причине верхний порог пропускной способности, достижимый для одного хоста ESX, подключенного к одному датактору по NFS — вне зависимости от использования или неиспользования *link aggregation* — равен пропускной способности одного линка. Если вы

используете порт 1GbE, это означает, что полоса пропускания его будет примерно ~80–100MB/sec для «однонаправленной» нагрузки (GbE интерфейс полнодуплексный, поэтому в случае «двунаправленной» нагрузки достижима полоса пропускания ~160MB/sec). Более высокие показатели пропускной способности для сервера ESX могут быть достигнуты с использованием нескольких датасторов. Вы можете масштабировать общую полосу пропускания к нескольким датасторам на системе хранения, используя link aggregation и маршрутизацию.

Описанные выше значения производительности зачастую достаточны для многих случаев использования. Основываясь на написанном выше, можно ориентировочно рассмотреть следующие сценарии использования NFS в VMware:

- Совместно используемый датастор, хранящий множество VM с агрегированной пропускной полосой ввода-вывода в пределах названных выше величин (большое количество IOPS, но, как правило, небольшими блоками)
- Одна сильно загруженная VM, если ее ввод-вывод может быть обслужен производительностью одного линка GbE

В случае небольших блоков ввода-вывода (8K), интерфейс Gigabit Ethernet может обеспечить 12500 IOPS — что примерно соответствует производительности 70 дисков со скоростью вращения 15K оборотов. С другой стороны, SharePoint® VM использует блоки ввода-вывода размером 256K или более. При размере блока ввода-вывода в 256K, интерфейс обеспечивает всего 390 IOPS, что может быть в ряде случаев недостаточно. В таком случае, возможно лучшим вариантом с точки зрения производительности может быть интерфейс 10GbE. Если вы используете 10GbE — хотя по прежнему один датастор ограничен одной TCP-сессией — для трафика доступна гораздо более широкая полоса пропускания в пределах одного интерфейса. Если вариант 10GbE по каким-то причинам недоступен, то вы можете использовать NFS для отдельных VM через 1GbE, и FC или iSCSI для других VM, в зависимости от их требований к пропускной способности и времени задержки.

Вам следует оценить необходимую производительность, емкость, и спроектировать систему, соответствующую вашим требованиям емкости (TB) и производительности (MB/sec, IOPS, и latency). Вам следует использовать все доступные методы, которые могут быть эффективны, но следует убедиться, прежде всего, что система хранения имеет достаточное количество физических жестких дисков («шпинделей») на каждом «экспорте» NFS, чтобы обеспечить необходимые показатели по вводу-выводу для всех VM на датаstore. Оценить эти параметры несложно: воспользуйтесь на интересующих вас хостах инструментами *perfmon*, *top*, или *VMware Capacity Planner*. В VMware vSphere 4.0 функция *Storage VMotion* поддерживает датаstore NFS как в качестве источников, так и в качестве получателей, поэтому вы можете ребалансировать датаstore так, как вам это будет необходимо. При использовании возможностей «универсальной архитектуры» NetApp, NFS (файлы) и FC/iSCSI/FCoE (блоки) могут сосуществовать на одной и той же системе хранения.

NetApp также разработал и предлагает аппаратное устройство под названием Flash Cache. Устанавливаемое в слот расширения контроллера устройство Flash Cache, является дополнительным, использующим flash-память кэшем второго уровня, разработанным для повышения производительности, увеличения пропускной способности при операциях случайного чтения и устранения возможного «узкого места» при работе с дисками, которое часто встречается в системах виртуализации серверов и десктопов. Flash Cache обеспечивает дополнительный расширенный уровень кэширования, позволяя системам хранения данных хранить часто

запрашиваемые данные в расширенном емком кэше большой емкости на базе flash-памяти. Такое решение имеет два положительных эффекта. Во-первых, повышается пропускная способность, по сравнению с системой без Flash Cache. Второе – снижается объем операций с дисковой подсистемой, что уменьшает время задержки (*latency*). Flash Cache также умеет использовать возможности дедупликации хранимых данных. Дедуплицированные блоки могут кэшироваться в модуле как и обычные блоки данных. Только одна копия содержимого блоков хранится в Flash Cache, точно также, как и на дисках. Модули Flash Cache позволяют системе достичь максимума производительности с меньшим количеством физических дисков. Flash Cache позволяет значительной части операций чтения идти из области, обладающей значительно более высоким быстродействием, чем жесткие диски; это уменьшает общую загрузку системы хранения.

4.2 Выравнивание виртуального диска

Выравнивание требуется в тех случаях, когда дисковая партиция OS в VM создана не по границе блока данных нижележащей системы хранения. Проблемы выравнивания возникают главным образом потому, что большинство гостевых операционных систем (в их число входят Windows 2000, 2003 и различные дистрибутивы Linux) начинают первую партицию с сектора (логического блока) номер 63. Такое поведение ведет к неверному расположению файловой системы (с точки зрения системы хранения) так как партиция начинается не на границе блоков, а в пространстве между ними. В результате, когда виртуальная машина хочет считать один блок файловой системы гостевой OS, она вынуждена читать два блока нижележащей системы хранения (в одном – первая половина блока файловой системы OS, во втором – вторая), что увеличивает нагрузку по вводу-выводу. Неверное выравнивание может вызывать увеличение времени задержки при операциях (*latency*). Оно требует от системы хранения читать или писать больше блоков, чем необходимо для проведения логического ввода-вывода. Это ведет к неэффективному использованию места, а также влияет на производительность, когда система хранения обрабатывает, например, пять блоков при записи и чтении, когда запрашивается с хоста всего четыре. Это ведет к ухудшению эффективности ввода-вывода, так как система хранения делает больше работы, чем реально требуется.

В случае использования NFS, когда слоя VMFS не существует, требуется только выравнивание файловой системы «гостевой OS» VM в VMDK с системой хранения NetApp.

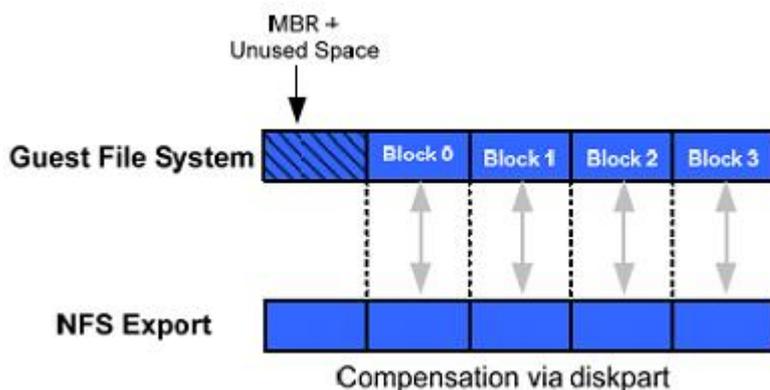


Рис. 4) Иллюстрация правильного выравнивания «гостевой» файловой системы.

Правильное смещение для вновь создаваемой VM может быть установлено как с помощью команды `diskpart` и форматирования партиции с правильным смещением, так и с помощью команды `fdisk` из *ESX service console*. На практике, чтобы избежать возможности создания

неверно выровненной виртуальной машины, вам следует создать «эталонную систему» (*template*), с правильным выравниванием, чтобы вновь создаваемые из такой эталонной системы виртуальные машины были сразу правильно выровнены. NetApp предоставляет инструмент, под названием *mbralign*, для проверки и корректировки выравнивания существующих виртуальных машин.

Полностью процедура подробно описывается в главах 4 и 5 следующего документа:

- [TR-3747: Best Practices for File System Alignment in Virtual Environments](#)

Инструмент *mbralign*, ранее бывший частью *ESX Host Utilities Kit*, теперь поставляется в составе *NetApp VSC*.

4.3 Начальная загрузка

Процесс загрузки множества виртуальных машин одновременно может порождать высокую нагрузку по вводу-выводу на систему хранения и мешать виртуальным машинам загрузиться так быстро, как от них ожидается. Использование NFS-датастора, на котором могут располагаться сотни виртуальных машин, может усугубить эту ситуацию, так как в этом случае множество VM будут пытаться произвести чтение с одного и того же датастора.

Если у вас стоит задача одновременно загружать множество виртуальных серверов или десктоп-систем, используйте дедупликацию NetApp совместно с Flash Cache, что резко увеличит производительность такого процесса. Дедупликация сжимает загрузочные образы множества виртуальных машин в единый набор блоков, который может быть легко закэширован в памяти. Используемый Flash-память модуль Flash Cache предлагает до 2TB универсального кэша чтения для того, чтобы кэшировать загрузочные образы всех гостевых операционных систем, с которыми вы работаете, позволяя провести загрузку непосредственно из кэш-памяти, вместо дисков. Flash Cache предлагает производительность SSD без необходимости дополнительного «уровня» хранилища.

Возьмем для примера ситуацию, когда у вас находится на NFS-датагоре 200 виртуальных машин, все под одной и той же гостевой OS. Запуск процесса дедупликации на том датагоре устраняет хранение дублирующихся блоков, в результате 200 почти идентичных копий одной OS будут использовать 200 «копий» экземпляров совместно использованных блоков, хранящихся на диске в единственном экземпляре. Без использования Flash Cache, каждая виртуальная машина считает свой набор блоков с диска в ходе операции загрузки. Flash Cache обеспечивает расширенный кэш чтения, ведущий себя в свою очередь как дедуплицированный диск, но имеющий скорость flash-памяти. При использовании Flash Cache, блоки закэшируются во flash-памяти при первом чтении; когда первая VM загрузится, ввод-вывод операций загрузки для оставшихся пойдет преимущественно из кэша, ускорив производительность операций на загрузке в четыре и более раз.

4.4 Эффективное управление временными файлами

Кроме постоянно существующих файлов VMDK, VMware использует ряд временных файлов, которые создаются и используются, только когда виртуальная машина запущена и работает. Каждая виртуальная машина под VMware обычно использует файл подкачки (своп-файл, *pagefile*) также, как она это делает и на обычном, физическом сервере. Кроме этого, сам сервер VMware ESX требует использования *virtual swap space* (vSwap) для каждой виртуальной машины, который равен размеру выделенной виртуальной машине памяти. Этот файл *virtual swap space* должен

располагаться на совместно используемом кластером VMware хранилище, чтобы была возможность использовать такие функции VMware, как, например, VMotion.

Пространство хранения, занимаемое такими временными файлами, не требует резервного копирования, так как эти файлы пересоздаются всякий раз, когда виртуальная машина загружается, точно также и не имеет смысла дедуплицировать его. Хранение временных файлов на совместно используемом хранилище это требование VMotion. По умолчанию и постоянные, и временные файлы хранятся на одном и том же датасторе, но, чтобы избежать необходимости резервного копирования, дедупликации их, и других ненужных действий над ними, стоит разместить их на отдельном датасторе.

Подобное описание процесса установки файла подкачки гостевой OS и файлов vSwap гипервизора в альтернативный датастор приведено в документе:

- [NetApp TR-3671: VMware vCenter Site Recovery Manager in a NetApp Environment](#)

Установка файла vSwap гипервизора в альтернативный датастор рекомендуется, но перемещение файла подкачки гостевой OS может быть нежелательным для сайтов, развернутых с помощью VMware Site Recovery Manager, так как требует дополнительных шагов при конфигурировании SRM. Перемещение файлов снимков VMware (дополнительных файлов, созданных VMware при переключении виртуальной машины в режим снимка) «ломает» работу SRM и не должно производиться при использовании системы SRM.

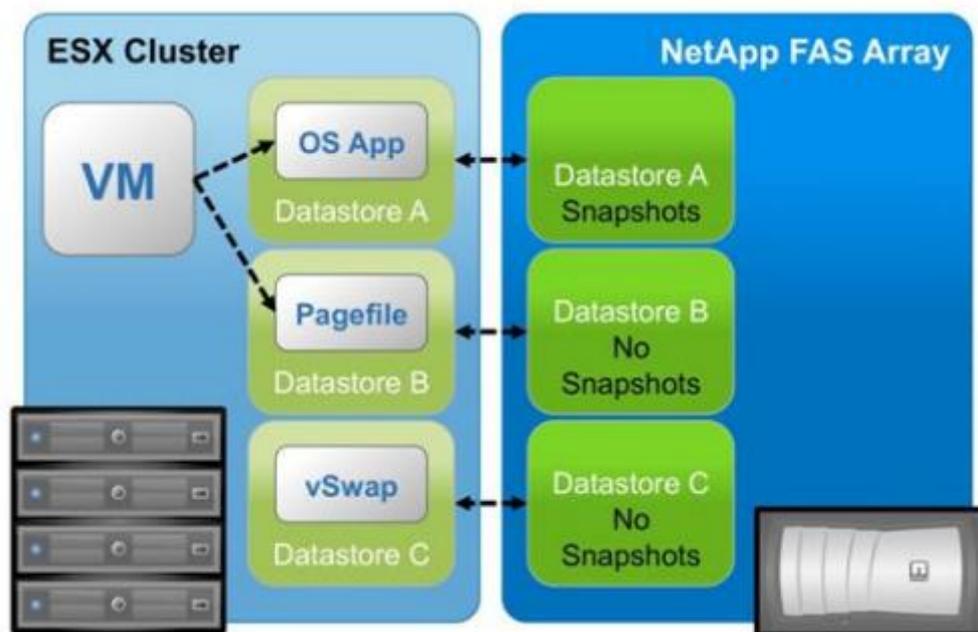


Рис. 5) Рекомендованная схема, для устранения ненужных операций (резервного копирования, дедупликации, и так далее) над временными файлами.

4.5 VMware Tools и драйвера

В процессе установки OS в VM вам понадобится также установить соответствующие утилиты и драйвера VMware, такие, как драйвера на видеоподсистему, и так далее. В ранних версиях, VMware Tools предлагались на CD, но, начиная с vSphere 4.0, они являются частью VMware, и могут быть установлены выбором Settings>VMware Tools изнутри гостевой OS.

Для подробностей о конкретных версиях VMware и гостевых OS, смотрите статьи в Базе знаний VMware:

http://kb.vmware.com/selfservice/microsites/search.do?language=en_US&cmd=displayKC&externalId=340

http://kb.vmware.com/selfservice/microsites/search.do?language=en_US&cmd=displayKC&externalId=731

4.6 Thin Provisioning

Как уже говорилось выше, возможность использовать *thin provisioning* это большое преимущество использования NetApp NFS.

VMware использует *thin provisions* для файлов VMDK на датаstore NFS по умолчанию, но существует два разных типа использования *thin provision* для виртуального диска:

- Тип "Thick" *thin-provisioned virtual disk*. Такой тип виртуального диска создается по умолчанию на датаstore NFS, в ходе стандартной процедуры создания виртуальной машины. Он имеет следующие свойства:
 - Создается файл .VMDK; он не занимает реальных дисковых блоков (*thin provisioned*), пока в него не начинается физическая запись данных гостевой OS
 - **Резервируется** место гарантированной емкости на дисках
 - **Нельзя** делать oversubscribe дискового пространства датастора NFS
- Тип "Thin" *thin-provisioned virtual disk*. Вы можете создать такой тип виртуального диска используя команду `vmkfstools`. Его свойства таковы:
 - Создается файл .VMDK; он не занимает реальных дисковых блоков (*thin provisioned*), пока в него не начинается физическая запись данных гостевой OS
 - **Не резервируется** место гарантированной емкости на дисках
 - **Можно** делать oversubscribe дискового пространства датастора NFS

Вы можете запустить приведенную команду, чтобы посмотреть действительный уровень использования дискового пространства на датаstore NFS:

```
# vdf -h /vmfs/volumes/<NFS Datastore Name>
```

Используя тип виртуального диска *-thin* вы можете осуществить так называемый *oversubscribe*, то есть распределить на датаstore между виртуальными машинами места больше, чем его физически имеется, предполагая, что виртуальные машины не используют сразу все выделенное им пространство. Это может быть очень полезной опцией; однако, существует ряд ограничений, которые следует помнить, прежде чем вы начнете использовать эту возможность.

Если датастор исчерпывает свободное место на нем, все работающие виртуальные машины становятся недоступны. VM только приостанавливают работу, ожидая появления свободного места, но приложения внутри VM могут аварийно завершиться по причине нехватки места. Например, базы Oracle® остаются в рабочем состоянии на протяжении 180 секунд; после этого работа базы данных завершается.

NetApp позволяет сконфигурировать том, используемый под датастор с параметром `autogrow`, что защищает от такой нежелательной ситуации. Для этого следует установить опции тома:

```
vol options <volume_name> guarantee=none
```

```
vol options <volume_name> try_first=volumes_grow
```

Конечно, эти возможности требуют наличия достаточного места для роста тома на его aggregate.

Инструмент NetApp rapid cloning utility (RCU) может управлять настройками autogrow для тома на системе хранения NetApp.

4.7 Защита данных

NetApp SnapManager for Virtual Infrastructure нацелен на решение проблем с использованием ресурсов при создании резервных копий в виртуальной среде, используя технологию NetApp Snapshot™ для снижения загрузки CPU и сети на хост-системе, что значительно сокращает время, затрачиваемое на выполнение резервной копии. SMVI может быть быстро установлен и сконфигурирован для использования на новой, или уже существующей системе VMware, экономя ценное время во время процесса создания резервной копии, и позволяя быстрое и эффективное восстановление.

Сперва SMVI создает консистентный снимок VMware всех VM на указанном датасторе. Затем, из созданного снимка VMware, делается эффективно использующий пространство хранилища снимок NetApp, после чего снимок VMware освобождается и удаляется. Этот процесс позволяет создать образы всех VM в снимке NetApp консистентным с точки зрения файловой системы. Эти снимки могут храниться на диске для быстрого восстановления, перенесены на вторичную систему с помощью NetApp SnapVault®, реплицированы с помощью NetApp SnapMirror®, или сброшены на ленту.

Используя такой метод, вместо создания резервной копии для каждого LUN или виртуальной машины индивидуально, вы можете создавать резервную копию всего датастора, со всеми VMDK разом. Это гораздо дешевле, чем покупать индивидуальную лицензию для резервного копирования каждой виртуальной машины, а также гораздо проще управляется. Кроме того такой способ гораздо меньше нагружает ресурсы (процессорные и ввода-вывода) хост-системы.

Наиболее свежая версия SMVI, на момент написания данного документа, SMVI v2.0, включает в себя ряд новых возможностей, и несколько важных улучшений процесса восстановления:

- Выполнение автоматизированного резервного копирования по расписанию для одного и более датасторов или виртуальных машин.
- Определение политики хранения (*retention policy*) для сохраняемых резервных копий, основываясь на максимальном времени хранения или максимальном количестве резервных копий.
- Определение критериев для событий уведомления (*alert notification*).
- Поддержка работы с виртуальными машинами и датасторами, размещенными как в директориях NFS, так и на файловых системах VMFS.
- Передача резервной копии на удаленное хранение с помощью дополнительных средств, таких как SnapMirror для виртуальных машин и образов датасторов.
- Обнаружение и отображение виртуальных машин и датасторов на файловой системе NFS.
- Монтирование резервных копий для их проверки перед восстановлением.
- Восстановление как виртуальных машин, так и полностью датасторов.
- Восстановление одного и более файлов гостевой OS из виртуального диска (VMDK), без необходимости восстанавливать всю виртуальную машину или VMDK.

Для подробного рассмотрения темы смотрите документ:

- [TR-3737: SnapManager 2.0 for Virtual Infrastructure Best Practices](#)

4.8 Системы высокой доступности и катастрофоустойчивости

Методы обеспечения высокой доступности данных с NFS

NFS использует иной способ обеспечения высокой доступности данных, чем блочные хранилища. Первое отличие заключается в том, что блочные протоколы (iSCSI, FC) используют модель обеспечения многопутевого соединения от инициатора к таргету, под названием MPIO. Участок, на котором происходит выбор пути, это участок от инициатора (FC или iSCSI) до таргета. В случае NFS, участок, на котором происходит выбор пути, это участок от одного Ethernet MAC до другого Ethernet MAC — так называемый один «хоп» (*link hop*). Пути формируются между хостом и коммутатором, коммутатором и хостом, между сервером NFS и коммутатором, и, наконец, между коммутатором и сервером NFS.

Механизмы, используемые для выбора того или иного линка:

- Выбор с помощью механизма *link aggregation*, который устанавливается на соединение TCP (*TCP connection*) и может быть или статическим (устанавливается один раз и постоянно на все время жизни TCP-сессии) или динамическим (переопределяется при работе TCP соединения, но всегда либо на одном линке, либо на другом)
- Выбор с помощью маршрутизации TCP/IP, при котором IP-адрес (и связанный с ним линк) выбирается, используя маршрутизацию на уровне 3.

Отметьте: Непосредственно «из коробки» ESX/ESXi не поддерживает *dynamic link aggregation control protocol* (LACP); однако, используя коммутаторы серии Cisco Nexus1000V, которые поддерживают *VMware vNetwork Distributed Switch* (vDS), вы можете получить эту функциональность, вместе с рядом других существенных улучшений.

Блок-схема дерева решений приведена на рисунке 6.

Для подробностей об использовании *link aggregation* для NFS, смотрите главы о сети в документах [TR-3428](#) и [TR-3749](#).

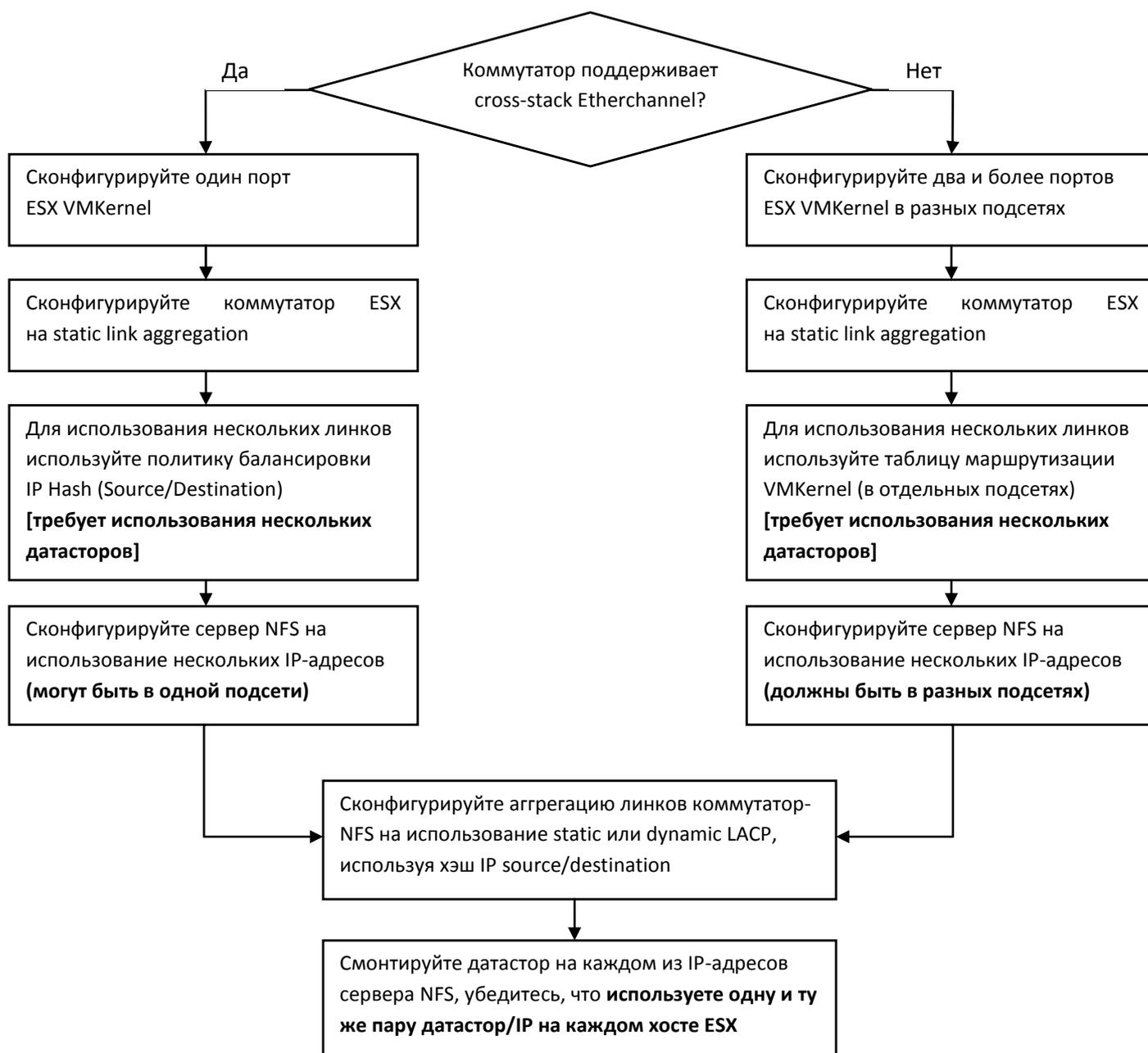


Рис. 6) Схема выбора конфигурации высокой доступности для NFS.

Для пути слева вы должны сконфигурировать *link aggregation/static teaming* с хоста ESX к коммутатору, и также с коммутатора к хосту ESX. Для пути справа вы также можете использовать *link aggregation/teaming* на этих линках, но помните, что это не поможет при использовании только одного датастора. Маршрутизация это механизм выбора.

Файловер для NAS-устройства обычно занимает больше времени, чем для блочного устройства: Блочное устройство обычно производит файловер в случае ошибки за секунды, иногда и миллисекунды, а в случае NAS-устройства на это может потребоваться интервал времени, исчисляемый десятками секунд (может увеличиваться в зависимости как от самого устройства NAS, так и общей конфигурации). Речь идет о том времени, по истечении которого ESX предпринимает что-либо, и о поведении гостевой системы в этот период.

Для блочного устройства время файловера предельно мало почти в любом случае. Отказ пути обнаруживается практически сразу же, как только происходит первый же отказ ввода-вывода в Fibre Channel и FCoE, и активный путь переключается, как только одна из команд SCSI сигнализирует об отказе пути (NOT_READY, ILLEGAL_REQUEST, NO_CONNECT и SP_HUNG для MRU arrays, или NO_CONNECT для Fixed arrays). Этот интервал времени конфигурируем (в зависимости от типа HBA), но величины по умолчанию достаточно приемлемы для большинства случаев использования и соответствуют величинам таймаута в большинстве гостевых OS. В случае vSphere, это поведение управляется плагином *Path Selection Plug-in* (а состояние пути обрабатывается плагином *Storage Array Type Plug-in*). Сторонние плагины «многопутевости» (*multipathing*) могут осуществлять дальнейшую оптимизацию этого поведения. Установки таймаутов в ESX и гостевых OS могут быть увеличены, чтобы обеспечить бесперебойную работу в случае файловера системы хранения.

Различные способы использования VMware могут по-разному реагировать на такое поведение; некоторые отлично себя чувствуют с длинными таймаутами, не требуя изменений. Другие более чувствительны.

NetApp рекомендует установить следующие величины таймаута при для файловера ESX при работе с NFS. Мы рекомендуем увеличить значения по умолчанию, чтобы устранить вероятность того, что виртуальная машина отключится по таймауту в ходе процесса файловера системы хранения. NetApp VSC конфигурирует эти значения автоматически.

Рекомендованные NetApp настройки (для всех хостов ESX):

- NFS.HeartbeatFrequency (NFS.HeartbeatDelta в vSphere) = 12
- NFS.HeartbeatTimeout = 5(default)
- NFS.HeartbeatMaxFailures = 10

Если увеличивается количество датасторов NFS, мы также рекомендуем увеличивать значение *heap*:

- Net.TcpipHeapSize =>'30' и Net.TcpipHeapMax =>'120'

С частотой, заданной в NFS.HeartbeatFrequency (или 12 секунд) сервер ESX проверяет доступность датастора NFS. Этот интервал «heartbeats» истекает после интервала, заданного в NFS.HeartbeatTimeout (или 5 секунд), после чего посылается новый «heartbeat». Если достигается NFS.HeartbeatMaxFailures (или 10 интервалов «heartbeats») неудач подряд, то датастор помечается как недоступный и VM останавливается.

Это означает, что датастор NFS может быть недоступен на протяжении максимум 125 секунд, прежде чем он будет помечен как недоступный.

В течение этого периода, гостевая OS видит неотвечающий SCSI-диск на vSCSI-адаптере. Параметр *disk timeout* это время, на протяжении которого гостевая OS продолжает ожидать ответа от неотвечающего диска. Воспользовавшись приведенной ниже процедурой, вы сможете установить значение системного таймаута для датастора в OS Windows на максимум в 190 секунд:

1. Создайте резервную копию реестра Windows.
2. Выберите Start>Run, введите `regedit.exe`, и нажмите OK.

3. В левой панели с древовидным выбором щелкните HKEY_LOCAL_MACHINE, далее System, далее CurrentControlSet, далее Services, и затем Disk.
4. Выберите ключ TimeoutValue и установите значение 190 (десятичное).

Для подробностей о настройках таймаута для других «гостевых OS» смотрите:

<https://now.netapp.com/Knowledgebase/solutionarea.asp?id=kb41511>.

Опциональные решения

Ряд дополнительных, опциональных решений от NetApp и VMware делает возможным установку различных уровней автоматизации процессов высокой доступности и катастрофоустойчивости, в зависимости от ваших требований и бюджета. Онлайн-резервные копии с быстрым восстановлением из них, описанные в предшествующей главе **Защита данных** это простейший и низший по уровню и стоимости вариант предоставляемого сервиса высокой доступности, но во многих случаях достаточный для организации защиты данных.

Дополнительным уровнем защиты данных NetApp и VMware разработали и предоставляют ряд компонентов построения решения системы высокой доступности и катастрофоустойчивости:

- **NetApp SnapMirror.** SnapMirror это простое в использовании средство организации репликации, которое может быть сконфигурировано для обеспечения широкого диапазона применений и задач, в зависимости от доступной ширины канала и ваших специфических требований.
- **NetApp MetroCluster.** MetroCluster обеспечивает непрерывную доступность данных с помощью синхронного зеркалирования на расстоянии до 100 км..
- **VMware High Availability.** VMware HA помогает пользователям улучшить уровень обслуживания любых приложений, запущенных в виртуальной машине, организовав высокоэффективное, виртуализованное кластерное решение, легко устанавливаемое и администрируемое.
- **VMware vCenter Site Recovery Manager.** SRM ускоряет процесс восстановления работоспособности системы, автоматизируя ключевые процессы и устраняя сложность управления процессами DR. SRM может помочь вам быстро восстановить работоспособность системы VMware целиком, после аварии уровня сайта. Он устраняет сложные ручные процедуры в случае осуществления процессов восстановления после катастрофических сбоев.

Для подробностей о высокой доступности и катастрофоустойчивости, с использованием этих решений, проконсультируйтесь со следующими документами:

- [TR-3606: High Availability and Disaster Recovery for VMware Using NetApp SnapMirror and MetroCluster](#)
- [TR-3788: A Continuous Availability Solution for Virtual Infrastructure](#)
- [TR-3671: VMware vCenter Site Recovery Manager in a NetApp Environment](#)
- [TR-3822: Disaster Recovery of Microsoft Exchange, SQL Server, and SharePoint Server using VMware vCenter Site Recovery Manager, NetApp SnapManager and SnapMirror, and Cisco Nexus Unified Fabric](#)

5 Выводы

Уникальность архитектуры систем хранения NetApp позволяет им в равной мере, одинаково успешно работать по NFS, Fibre Channel, и iSCSI.

Большинство пользователей NetApp используют более одного протокола хранения в своих виртуализованных системах. Вы можете создать оптимальную систему, выбрав наиболее подходящий для ваших условий протокол, применив «правило 80/20»: 80% всех систем виртуализуются, получая преимущества от всех возможностей виртуализации и «универсальной архитектуры» NetApp; оставшиеся 20% бизнес-критичных приложений используют изолированные датасеты, находящиеся на той же системе хранения, но без использования серверной виртуализации.

Использование NetApp NFS предлагает следующие преимущества при использовании с VMware:

- Простота управления
- Производительность
- Масштабируемость
- Быстрое распределение емкости
- Защита данных и DR
- Эффективность хранения
- Стоимость (в терминах как операционных, так и капитальных затрат)

Однако, предприятиям, развертывающим NetApp NFS для систем VMware, следует помнить также о следующих особенностях:

- На большом количестве датасетов NFS процесс файловера может происходить дольше, чем на эквивалентной блочной системе.
- VMware не поддерживает NFS с MPIO (однако NFS может использовать другие методы обеспечения многопутевого доступа).

С выпуском VMware vSphere, практически все возможности VMware поддерживаются и для датасетов NFS, наряду с датасетами, работающими по блочным протоколам. Следуя приведенным в данном документе рекомендациям, вы сможете создать производительное хранилище с использованием NetApp NFS, обслуживающее потребности системы VMware размером от средней, до большой, как под VMware vSphere, так и под VMware ESX 3.x. Подводя итоги, следует перечислить эти рекомендации вкратце:

- Спроектируйте и спланируйте оптимальную конфигурацию сети Ethernet, для обслуживания потребностей сети хранения данных VMware.
- Правильно выравнивайте файлы виртуальных дисков с томами NetApp, основываясь на типе OS.
- Правильно распределяйте виртуальные машины по датасетам, что позволяет им быстрее загружаться параллельно, когда это необходимо.
- Выносите отдельно файл подкачки и временные файлы, которые нет необходимости реплицировать, дедуплицировать и создавать для них резервную копию.
- Используйте возможности *thin provisioning*.
- Сконфигурируйте достаточный уровень защиты данных, доступности, DR для виртуальных машин и работающих в них приложений.