



NETAPP TECHNICAL REPORT

# Использование FlexClone для создания клонов файлов и LUN

Uday Vorrapana, NetApp

Октябрь 2009 | TR-3742

## Оглавление

1 Введение .....	4
2 Конфигурирование и работа .....	6
2.1 Платформы .....	6
2.2 Data ONTAP .....	7
2.3 Лицензирование.....	7
2.4 Создание FlexClone-файла в системе NAS.....	7
2.5 Создание FlexClone-LUN в среде SAN .....	8
2.6 Создание FlexClone-файла в среде SAN.....	8
2.7 Удаление исходного файла или LUN .....	8
2.8 Перезапись данных на исходном или клоне файла/LUN .....	9
2.9 Статус тома.....	9
2.10 Экономия места при использовании FlexClone для файла или LUN.....	9
2.11 Наблюдение за операцией клонирования .....	10
2.12 Команды операций с FlexClone .....	10
3 Поведение клона файла или LUN.....	11
3.1 Резервирование пространства.....	11
3.2 Квоты .....	12
3.3 Access Control Lists (ACL) и Streams .....	12
3.4 Role-Based Access Control (RBAC).....	12
4 Рекомендации .....	13
Создание большого количества клонов файлов или LUN.....	13
Создание большого количества клонов файлов или LUN на одном томе .....	13
5 Взаимодействие с другими продуктами NetApp .....	14
5.1 Volume SnapMirror.....	14
5.2 Qtree SnapMirror и SnapVault .....	15
5.3 NDMP и DUMP.....	15
5.4 Synchronous SnapMirror .....	16
5.5 Snapshot .....	16
5.6 SnapRestore для одного файла.....	16
5.7 Действия с томом .....	17
5.7.1 Volume SnapRestore .....	17
5.7.2 Vol Copy.....	17
5.7.3 Vol Autosize .....	17
5.7.4 Vol Clone.....	17
5.8 MultiStore .....	18

5.9 Дедупликация.....	18
5.10 Перезагрузка.....	18
5.11 Cluster Failover .....	18
5.12 FlexShare .....	18
5.13 File Folding .....	19
5.14 SnapLock .....	19
6 Производительность .....	19
7 Примеры использования .....	19
8 FlexClone в виртуальной инфраструктуре.....	34
9 Выводы .....	36
10 Дополнительные материалы.....	37
10.1 NetApp Technical Reports и White Papers.....	37
10.2 Документация по Data ONTAP.....	37

## 1 Введение

Технология NetApp® FlexClone значительно улучшена в версии Data ONTAP 7.3.1 для того, чтобы предоставлять пользователям средства эффективного клонирования с различной гранулярностью. Технология FlexClone сегодня дает пользователям возможности клонировать индивидуальные файлы, находящиеся на томе типа FlexVol® в NAS-системе, или внутри LUN в среде SAN. Также появился способ клонировать LUN-ы без необходимости создавать промежуточный снэпшот. Этот документ дает подробное описание того, как работает технология FlexClone как на файловом уровне, так и на уровне LUN.

FlexClone на уровне FlexVol существовал в Data ONTAP начиная с версии Data ONTAP 7.0. Тома FlexClone - это образы томов с возможностью записи на них, основанные на снэпшоте соответствующего тома FlexVol, или другого тома FlexClone.

Тома FlexClone используют пространство очень эффективно, при помощи возможности архитектуры Data ONTAP записывать только измененные блоки, оставляя оригинальные блоки хранимых на оригинальном томе данных. Для подробностей о том, как работает технология FlexClone на уровне FlexVol, смотрите документ [TR-3374](#).

Начиная с Data ONTAP 7.3.1, вы можете создавать клоны отдельных файлов, которые находятся на томе FlexVol в NAS-системе, или внутри LUN в среде SAN. Используя новые усовершенствования в технологии FlexClone, LUN-ы могут быть клонированы без необходимости создавать для этого снэпшот.

Клонирование файлов и LUN-ов с помощью технологии FlexClone это очень эффективный, с точки зрения расхода свободного места и времени процесс, так как клоны используют то же самое физическое пространство на дисках, что и источник их данных, незначительное дополнительное место занимают лишь их метаданные. Клонированные файлы или LUN-ы начинают занимать дополнительное место только тогда, когда данные на источнике или в клонах перезаписываются. Создание FlexClone это также простой и не занимающий много времени процесс, так как при нем не происходит физического копирования данных. Клонирование с использованием технологии FlexClone для файлов и LUN-ов независимо от процесса взятия снэпшотов, поэтому оно не требует копирования специального снэпшота.

Процесс создания клона существующего LUN или файла не влияет на доступ пользователя к этому LUN-у или файлу, ни во время создания клона, ни в дальнейшем. Клиенты, подключенные к исходному файлу или LUN не испытывают прерывания или прекращения доступа во время создания клона, и могут продолжать осуществлять запись в исходный файл или LUN, в то время, когда производится операция клонирования. Когда клонирование выполнено, то клоны файла или LUN могут использоваться также как и их источник, и все операции с ними могут осуществляться как с обычным файлом или LUN.

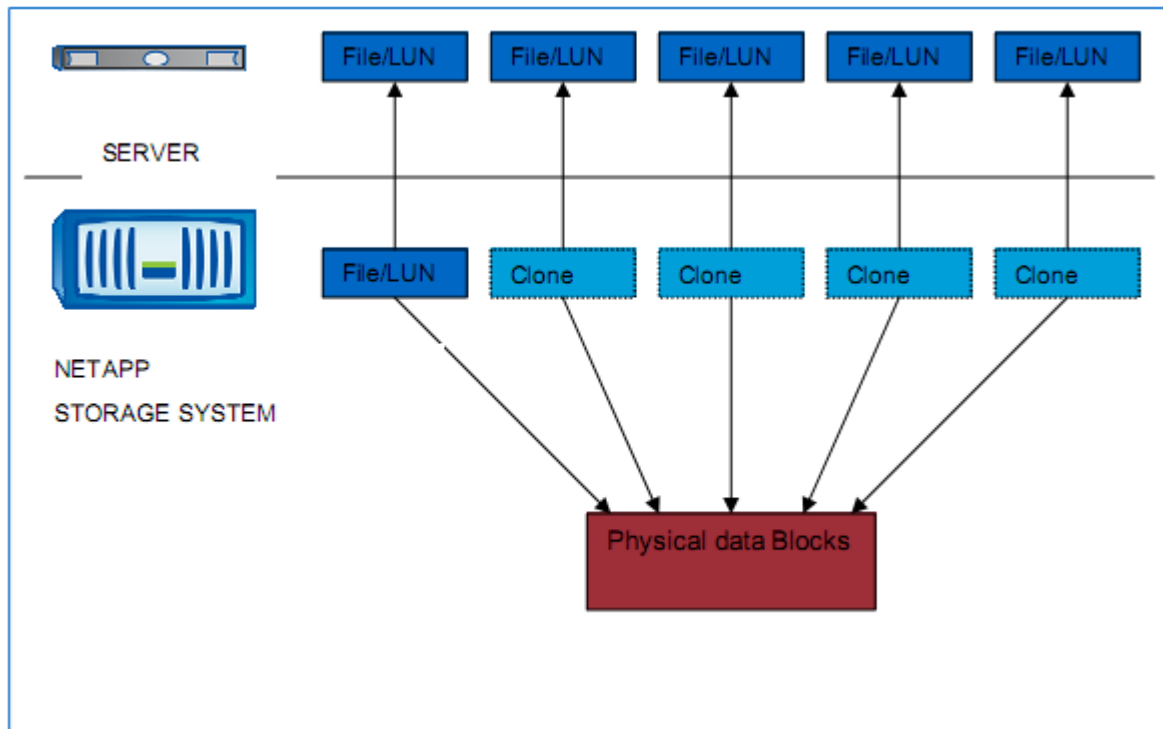


Рис. 1) Исходный файл или LUN и клонированные файлы или LUN-ы, видимые клиентской системой как обычные файлы, или LUN-ы, но используют те же блоки данных на дисках системы хранения.

Клиент видит клоны файлов или LUN-ов как обычные файлы или LUN-ы. Все привычные действия над файлами или LUN-ами могут выполняться как над исходными файлами, так и над их клонами. Если файл или LUN имеет клон, то можно удалить оригинальный объект клонирования, и при этом созданные клоны оригинального объекта останутся по-прежнему доступными пользователю, равно как и наоборот.

Новые возможности клонирования, в комбинации с уже известной функциональностью создания клонов FlexClone из томов FlexVol, обеспечивают эффективное решение как с точки зрения места, так и времени создания клонов, для различных задач современных датацентров. Такое решение отлично подходит для случаев создания многочисленных копий одного и того же набора данных, и резко сокращает затраты пространства хранения, устраняя необходимость физического хранения многочисленных копий данных.

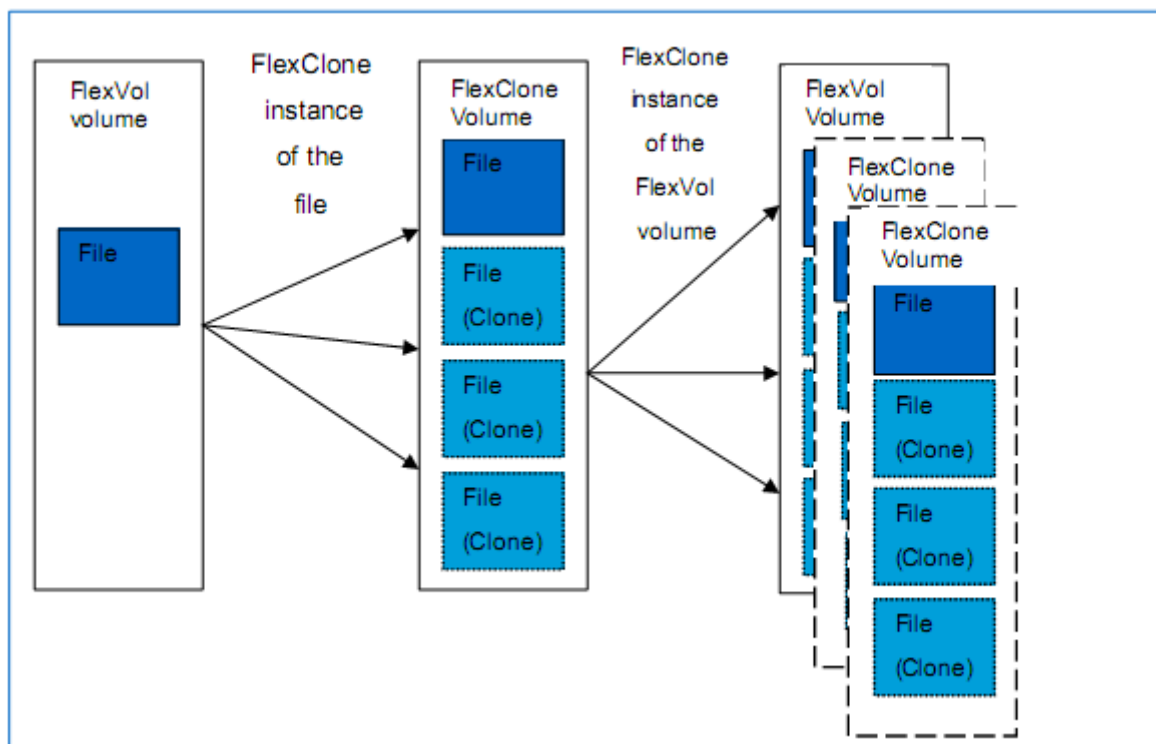


Рис. 2) Комбинация из FlexClone на FlexVol и уровне файла или LUN, чтобы создать множественные копии одного и того же файла или LUN, являющихся клонами одного и того же куска данных физического хранилища.

Как показано выше, мы можем использовать FlexClone на уровне файла или LUN для создания клонов файлов или LUN-ов внутри того же тома FlexVol, все они совместно используют одни и те же блоки данных нижележащего уровня хранения. Кроме этого мы можем использовать FlexClone на уровне томов FlexVol чтобы создать FlexClone-тома нашего изначального тома типа FlexVol. Такие FlexClone-тома также будут использовать те же блоки нижележащего уровня хранения его «родительского» тома FlexVol. Таким образом мы получаем множество копий того же файла или LUN, все использующие одни и те же блоки физических данных. Все эти клоны файлов или LUN-ов начнут использовать дополнительное место на системе хранения только когда их данные начнут перезаписываться.

## 2 Конфигурирование и работа

Этот раздел рассматривает требования для использования FlexClone на уровне файлов или LUN-ов, и процесса создания клона файла или клона LUN на системе хранения NetApp.

### 2.1 Платформы

Функционал FlexClone с гранулярностью до уровня файла или LUN поддерживается на следующих аппаратных платформах:

- FAS2000 series
- FAS3000 series
- FAS3100 series
- FAS6000 series
- NearStore® R200

## 2.2 Data ONTAP

Расширенные возможности FlexClone доступны в версиях Data ONTAP 7.3.1 и новее.

## 2.3 Лицензирование

Новые возможности FlexClone работают под обычной лицензией FlexClone. Вам необходимо ввести лицензию **flex\_clone** для включения функционала FlexClone на системе хранения с помощью следующей команды:

```
license add <flex_clone license key>
```

В кластерной конфигурации вам необходимо добавить эту лицензию на обоих узлах (контроллерах) системы.

Если у вас уже есть и используется лицензия FlexClone на более старой версии Data ONTAP, то обновите версию Data ONTAP на ту, которая поддерживает FlexClone на уровне файлов и LUN (7.3.1 и новее), чтобы получить новую функциональность с той же лицензией.

## 2.4 Создание FlexClone-файла в системе NAS

FlexClone на уровне файлов можно использовать для клонирования отдельного файла или файлов, записанных на том типа FlexVol с доступом по протоколам NFS и CIFS. Клоны должны располагаться на том же томе FlexVol, что и исходный файл. Все клонированные файлы ссылаются на одни и те же физические блоки данных на диске.

Небольшое количество места расходуется на хранение метаданных каждого клона. FlexClone-экземпляр файла может быть создан на NAS-системе с помощью следующих шагов:

- Выполнить команду `clone start` с указанием путей для файла-источника и целевого файла. Пути, указывающие источник и целевой файл должны находиться на том же томе FlexVol. Когда операция клонирования успешно начата, то Data ONTAP напечатает ID выполняющейся операции клонирования. Файл-источник по-прежнему остается доступным, в том числе и для записи, в то время, когда выполняется операция клонирования.
- В процессе создания мгновенно зафиксированного образа исходного файла или LUN, команда клонирования по умолчанию создает временный снимок тома FlexVol, на котором создается клон. Это делается затем, чтобы клон был моментальным образом файла или LUN, и любые процессы записи, которые на него, возможно, проводятся в этот момент, не помешали созданию клона. Если на файл, клон которого создается, не проводится записи, то процесс создания временного снимка может быть отключен с помощью ключа `-n` команды клонирования. Создание временного снимка отключать не рекомендуется, за исключением тех случаев, когда вы абсолютно уверены в том, что записи или иные модификации данных на файл или LUN, который вы клонируете, не производится.
- Команда `clone status` может быть использована для контроля состояния операции клонирования. Время создания клона зависит от размеров исходного файла, и, в большинстве случаев, происходит достаточно быстро, так как при этом не происходит какого-либо физического копирования блоков данных исходного файла.
- Когда процесс клонирования завершен, то на консоль выводится сообщение, уведомляющее пользователя об его выполнении. Сообщение, уведомляющее о завершении процесса, также записывается в файл `messages` и генерируется событие

EMS, записываемое в лог EMS на системе хранения. Временный снимок, создававшийся перед началом операции клонирования, удаляется.

- Клон-файл с этого момента готов к доступу через NFS или CIFS. Клиент видит клон и исходный файл как отдельные файлы. Как исходный файл, так и клон, доступны по любым протоколам доступа к данным, включая http, ftp, и NDMP.
- Отметьте также, что во время совершения операции клонирования доступ к исходному файлу, как на чтение, так и на запись в него, продолжается без перерывов.

## 2.5 Создание FlexClone-LUN в среде SAN

FlexClone можно использовать для клонирования LUN, которые находятся на томе FlexVol системы хранения. Процесс клонирования LUN схож с клонированием файла. Клонированный LUN должен располагаться на том же томе FlexVol, что и исходный LUN. В Data ONTAP есть возможности опознать источник клонирования как LUN, и предпринять необходимые шаги с тем, чтобы скопировать его именно как LUN. Однако процесс совместного использования физических блоков хранения между LUN и его клоном схож с таковым для файла, клонирование LUN порождает некоторое количество дополнительных операций с метаданными, которые выполняются, чтобы представить LUN в подсистеме SAN в Data ONTAP. Data ONTAP автоматически выполняет все эти операции в фоновом режиме, когда источником клона указан LUN. Кроме этого FlexClone-экземпляр LUN требует немного большего пространства под метаданные, связанные с метаданными подсистемы SAN. Как только процесс клонирования завершился, клонированный LUN готов к тому, чтобы быть использованным клиентом SAN.

Отметьте, что Data ONTAP имеет возможность клонировать LUN с помощью создания снимка, начиная с Data ONTAP 7.0. Этот метод создания клона LUN по-прежнему остается доступным и поддерживается. Использование FlexClone для клонирования LUN это улучшение и расширение, представленное в Data ONTAP 7.3.1, и теперь оно не зависит от механизма снимков.

## 2.6 Создание FlexClone-файла в среде SAN

FlexClone можно использовать для клонирования файла, который находится внутри LUN, в среде SAN. Data ONTAP предоставляет API, позволяющий сделать это. Однако требуется определенное участие на стороне хост-сервера, чтобы интегрировать клонированный файл в файловую систему хоста и сделать клон файла доступным для клиента. Для создания клона файла на системе хранения можно использовать API следующим образом:

- Для клонирования файла, находящегося внутри LUN, пользователь должен определить адрес блоков данных в формате logical block addressing (LBA), как они видятся хостом. Необходимо использовать ключ `-r` команды `clone start` для того, чтобы определить адрес LBA исходного и клонированного участков, а также число клонированных блоков.
- Остальная часть процесса клонирования такая же, как в случае уже рассмотренного выше клонирования файла в случае NAS-системы, за исключением того, что команда `clone start` используется с ключом `-r`.
- Необходима поддержка на стороне хоста, чтобы интегрировать клонированные блоки данных в файловую систему хоста и увидеть клонированный файл как файл на файловой системе.

## 2.7 Удаление исходного файла или LUN

После того, как клон файла или LUN создан, исходный файл или LUN может быть удален.



Удаление исходного файла или LUN никак не влияет на их клоны. Все клоны по-прежнему существуют, и видятся клиентами как обычные файлы или LUN-ы. Аналогично, удаление некоторых из клонов файла или LUN не влияет на остальные клоны или исходный файл/LUN..

Когда файл, или LUN, или их клоны, которые ссылаются на совместно ими используемые блоки данных, удаляются, то совместно используемые блоки продолжают использоваться оставшимися экземплярами клонов файлов или LUN. Таким образом, удалив клон, мы освободим только то небольшое пространство, что занимают соответствующие ему метаданные. Место, занятое совместно используемыми блоками, освобождается только тогда, когда оказываются удалены как файлы или LUN-ы их занимающие, так и все созданные с них клоны.

## 2.8 Перезапись данных на исходном или клоне файла/LUN

В момент, когда клон файла или LUN создан, как источник, так и клон, оба ссылаются на одни и те же блоки данных. Когда данные на источнике или клоне начнут перезаписываться новыми данными, начнет постепенно занимать дополнительное место на дисках, так как клон и источник уже не будут использовать совместно новые записанные блоки данных. Вновь записанные данные пишутся отдельно для каждого индивидуального экземпляра клонов и их источника. Отметим, что даже если одни и те же данные записываются как на клон, так и на источник, они все равно будут указывать на различные физические блоки дисков, и не будут использовать совместно одни и те же физические блоки. Физические блоки хранения используются совместно источником и его клоном только те, что были заняты в момент непосредственно перед началом процесса клонирования. Новые записи уже будут занимать индивидуальные блоки. В случае если новые записываемые данные сходны для оригинала и его клона, то можно запустить процесс дедупликации на томе FlexVol, содержащем клоны, и дедупликация устранит избыточную, дублирующуюся информацию между клонами.

## 2.9 Статус тома

Команда `Data ONTAP vol status` показывает состояния всех томов, содержащих клоны LUN и файлов, созданных командой `clone`, как имеющие атрибут `sis`. Атрибут `sis` добавляется к тому FlexVol, когда создается первый экземпляр клона файла или LUN с использованием FlexClone. Отметим, что тома с включенной дедупликацией также имеют этот атрибут в выводе команды `vol status`.

## 2.10 Экономия места при использовании FlexClone для файла или LUN

Команда `df -s` с именем тома FlexVol в качестве аргумента покажет, сколько места на томе было сэкономлено за счет совместно используемых блоков в клонах, по сравнению с тем, как если бы они занимали полностью индивидуальные блоки с физической копией. Отметим, что если на томе также включена также и дедупликация, то вывод `df -s` покажет суммарную экономию для FlexClone и дедупликации вместе. Команда `df -s` показывает величину экономии как процент от использованного и сэкономленного места на томе.

Например, если у вас том типа FlexVol размером 100GB, занятый на 50GB, и вы создаете на нем файл размером 10GB, а затем делаете его клон, то общий объем занятого физического пространства будет примерно 60GB (50GB + 10GB для файла и его клона). Если бы клон был физической копией, то занято было бы 70GB (50GB + 10GB на файл + 10GB на клон). Таким образом, сэкономленное клонированием место будет равно 10GB. И величина экономии - 14%  $((10/70)*100)$ .

## 2.11 Наблюдение за операцией клонирования

Команда `clone status` используется для наблюдением за состоянием операции клонирования. Для выполняющейся операции клонирования эта команда сообщает, среди прочего, процент выполнения операции создания клона. Для операций клонирования завершенных неудачно, она сообщает причину неудачи и остановки процесса. Команда `clone status` не показывает статус уже завершенных успешно операций клонирования.

Операция клонирования может прерваться по разным причинам. Причины, могущие вызвать неудачу, описываются в этом документе в различных главах. Создание экземпляра объекта FlexClone для файла в системе NAS и создание такового для LUN это атомарная операция, поэтому если процесс создания клона прерывается неудачей, на середине процесса создания, то все уже сделанные изменения могут быть откачены, и частично созданный клон удаляется. Однако, если объект клонирования это файл внутри LUN, и если клонирование прервано неудачей, то совместно используемые блоки останутся совместно используемыми, и изменения не откатятся. Приложение на хост-системе, которое инициировало операцию клонирования, должно предпринять меры по удалению частично клонированного файла. В любом случае, сообщение о том, что произошло прерывание исполнения команды клонирования, будет выведено на системную консоль. Сообщение также заносится в файл `messages`, и событие EMS записывается в лог EMS. Небольшой объем метаданных заносится в файл метаданных для того, чтобы отметить неудачную попытку клонирования и причину прерывания процесса. Любые служебные временные снимки, создаваемые до момента начала операции клонирования удаляются. Команда `clone status` показывает для неудачных операций клонирования статус `failed`, и причину неудачи. Команда `clone clear` очищает статус неудачных операций в сохраненных на диске метаданных. Наилучшее решение, рекомендуемое NetApp, очищать статус завершенных неудачно процессов клонирования немедленно после того, как вы разберетесь с причинами, вызвавшими неудачу.

## 2.12 Команды операций с FlexClone

Это короткий список доступных команд для выполнения операций клонирования. Для более подробного описания смотрите документацию по Data ONTAP на сайте NOW™ (NetApp on the Web) по адресу <http://now.netapp.com/>.

Команда	Описание
<code>clone start &lt;src path&gt; &lt;dest_path&gt; [-n] [-l]</code>	<p>Запускает процесс создания объекта FlexClone из файла или LUN. Файл или LUN указывается как источник аргументом <code>src_path</code> и клонируется по пути, указанному аргументом <code>dest_path</code>. Клон файла или LUN должен располагаться на том же томе FlexVol, что и источник-оригинал.</p> <p>В случае успешного запуска, команда выводит ID запущенного процесса клонирования.</p> <p>Флаг <code>-n</code> отключает процесс создания временного снимка перед началом процесса клонирования.</p> <p>Флаг <code>-l</code> включает запись изменений для блоков данных в клоне. Этот флаг используется в случае, если вы создаете клон на томе FlexVol, на котором включена дедупликация.</p>

	Использование этого флага на томе без включенной дедупликации приведет к сообщению об ошибке. Для подробностей о процессе записи изменений смотрите главу ниже в этом документе.
<pre>clone start &lt;src path&gt; [dest_path] [-n] [-l] &lt;-r &lt;src_fbn&gt;:&lt;dest_fbn&gt;:&lt;fbn_cnt&gt; ...&gt;</pre>	<p>Запускает процесс клонирования для файла внутри LUN. Параметры <code>src_fbn</code> и <code>dest_fbn</code> это адреса формата LBA для блоков данных начала исходного и клонированного файла. Параметр <code>fbn_cnt</code> это количество блоков, начиная с указанного блока, подлежащих клонированию. Используемый адрес LBA используется для адресации в LUN на стороне хоста.</p>
<pre>clone status [vol-name [ID]]</pre>	<p>Сообщает статус активных и неуспешных прерванных операций клонирования на томе. Если определен параметр ID, то сообщается статус конкретной операции.</p> <p>Отметьте, что статус сбойных операций отображается только для тех операций, для которых метаданные сохранены на диске. Если метаданные очищены командой <code>clone clear</code>, то статус не отображается.</p> <p>Не отображается статус и для успешно завершившихся операций.</p>
<pre>clone stop &lt;vol-name&gt; &lt;ID&gt;</pre>	Прерывает заданную операцию клонирования и удаляет созданный временный снимок, если такой создавался.
<pre>clone clear &lt;vol-name&gt; &lt;ID&gt;</pre>	Очищает записанные на диск метаданные об ошибках в процессе выполнения операций клонирования.
<pre>man clone</pre>	Выводит страницы <code>man</code> для команды <code>clone</code> .
<pre>Manage ONTAP SDK</pre>	<p>Manage ONTAP® SDK описывает программный интерфейс ONTAPI™ для использования функциональности клонирования.</p> <p>Смотрите документацию SDK для подробностей.</p>

### 3 Поведение клона файла или LUN

Этот раздел рассматривает вопросы того, что происходит с файловым или LUN-клоном при различных опциях Data ONTAP.

#### 3.1 Резервирование пространства

Резервирование пространства при выполнении клонирования FlexClone отличается для файловых клонов и клонирования LUN.

Операция FlexClone для файлов никогда не резервирует пространство после создания клона. Таким образом, безотносительно к тому, какой режим резервирования выбран для исходного

файла, клон будет создан в режиме *no space reservation*. Для включения резервирования используйте команду `file reservation`.

FlexClone для LUN наследует установку *space guarantee* своего источника. То есть, если на томе FlexVol не будет места для создания клона FlexClone LUN с тем же уровнем *space guarantee* что и у LUN-источника, то операция завершится с ошибкой. Заметьте, что и исходный LUN, и его клон все равно будут совместно использовать одни и те же физические дисковые блоки, даже с включенными *space guarantee*.

## 3.2 Квоты

Квоты действуют для клонов на логическом уровне. Так, количество пространства, которое будет учитываться квотой для созданного клона, равно полному логическому объему клона. Например, если вы создаете клон файла размером 10GB, общее занятое ими пространство с точки зрения механизма квот будет равно 20GB (10GB для исходного файла, и 10GB для его клона).

Эффект от превышения лимита квоты при создании клона FlexClone для файла отличается для *qtree quotas* и *user* или *group quotas*. Если общий логический объем занятого пространства после создания клонов будет больше, чем позволено в квоте для *qtree*, то операция клонирования завершится с ошибкой. Если общий логический объем занятого пространства после создания клонов будет больше, чем позволено в квоте для пользователя (*user*) или группы (*group*), операция пройдет успешно, в том случае, если при этом том FlexVol будет иметь достаточно места для метаданных или данных клона. Однако, после успешного завершения операции клонирования, квота пользователя или группы будет считаться превышенной.

## 3.3 Access Control Lists (ACL) и Streams

Если файл-источник операции FlexClone имеет access control lists или streams, то эти ACL или streams не будут клонированы, и не будут действовать для клонированного файла. Таким образом, если вы хотите иметь на клоне те же средства определения прав, заданные ACL на оригинальном файле, или привязанные к файлу streams, то администратор системы хранения должен сделать их для клона отдельно, после завершения процесса клонирования.

## 3.4 Role-Based Access Control (RBAC)

Доступ к командам клонирования можно разграничить с помощью ролевой модели ограничения доступа, предоставляемой Data ONTAP с помощью команды `useradmin`. Вы можете создать роли, имеющие доступ только к определенным командам, которые необходимы для использования той или иной функциональности. Ниже приводится пример набора команд для использования RBAC с командами клонирования:

Создайте роль, имеющую доступ ко всем методам `login`, но могущую использовать только команды `clone` после `login`:

```
netapp01>useradmin role add cloneadmin -a login-*,cli-clone*,api-clone-*
```

Добавьте группу, имеющую созданную роль `cloneadmin`:

```
netapp01>useradmin group add cloneadmin_group -r cloneadmin
```

Добавьте пользователей в группу:

```
netapp01>useradmin user add cloneu1 -g cloneadmin_group
```

Пользователь cloneu1, в нашем случае, будет иметь доступ только к командам группы clone в Data ONTAP. Для подробностей о ролях, группах и пользователях, смотрите *Data ONTAP system administration guide* на сайте NOW: <http://now.netapp.com>.

## 4 Рекомендации

Этот раздел содержит некоторые рекомендации по шагам создания большого количества клонов файлов или LUN-ов, при использовании наименьшего объема занимаемого пространства. Для подробностей о возможностях FlexClone и рекомендациях общего характера, смотрите раздел «About FlexClone files and FlexClone LUNs» руководства *Data ONTAP storage management guide* на сайте NOW: <http://now.netapp.com/>.

### Создание большого количества клонов файлов или LUN

Для создания большого количества клонов файлов или LUN-ов в системе хранения, рекомендуется скомбинировать различные гранулярности копий FlexClone, вместо использования какой-то одной.

Допустим, нам надо создать 2000 клонов одного файла. Вот как этого можно достичь:

1. Создать 99 клонов FlexClone из исходного файла на томе, чтобы получить 100 логических файлов на одном томе.
2. Создать 19 клонов FlexClone для тома FlexVol, получив таким образом 20 томов FlexVol.
3. Теперь у нас 2000 логических файлов, все использующие одни и те же блоки физического дискового массива.

### Создание большого количества клонов файлов или LUN на одном томе

Максимальное количество клонов физического блока равно 255. Все клоны, после этого числа делаются путем обычного физического копирования. Для минимизации использованного пространства вы можете поступить следующим образом:

1. Создать 255 клонов файла или LUN-а.
2. Создать 256-й клон файла или LUN. Этот 256-й клон будет полной физической копией исходного файла или LUN-а.
3. Теперь создадим клоны файла или LUN-а от 257-го и далее, используя для них 256-й клон файла или LUN-а, созданный на предыдущем шаге, как источник, для создания еще 255 клонов. Таким образом, мы создадим еще 255 клонов, основанных на одной физической копии, созданной на предыдущем шаге. В результате, мы получили 512 логических файлов или LUN-ов, все использующие всего две физические копии.
4. Повторить процесс пока не будет достигнуто нужное количество клонов.

Важный момент, который следует помнить при планировании системы с большим количеством клонов FlexClone файлов или LUN-ов, это требования производительности для приложения на стороне хоста и ожидаемого быстродействия системы хранения. В разделе «Производительность» мы рассмотрим характеристики производительности клонов FlexClone на уровне файлов и LUN.

## 5 Взаимодействие с другими продуктами NetApp

### 5.1 Volume SnapMirror

Volume SnapMirror® это эффективное средство репликации данных, передающее на систему-получатель, после того, как проведена первоначальная базовая синхронизация, только измененные на системе-источнике блоки данных. Volume SnapMirror передает данные в виде блоков, размером 4КВ. Если том FlexVol, являющийся источником репликации Volume SnapMirror, содержит клоны FlexClone для файлов или LUN, то репликация Volume SnapMirror передает только физические блоки, плюс небольшой объем метаданных, как показано на рисунке ниже. На стороне получателя также запишется на диски только сравнительно небольшой объем физически блоков плюс метаданные, и, как и на источнике, все клоны будут совместно использовать одни и те же блоки данных на дисках. Таким образом, том-получатель будет выглядеть в точности также как том-источник:

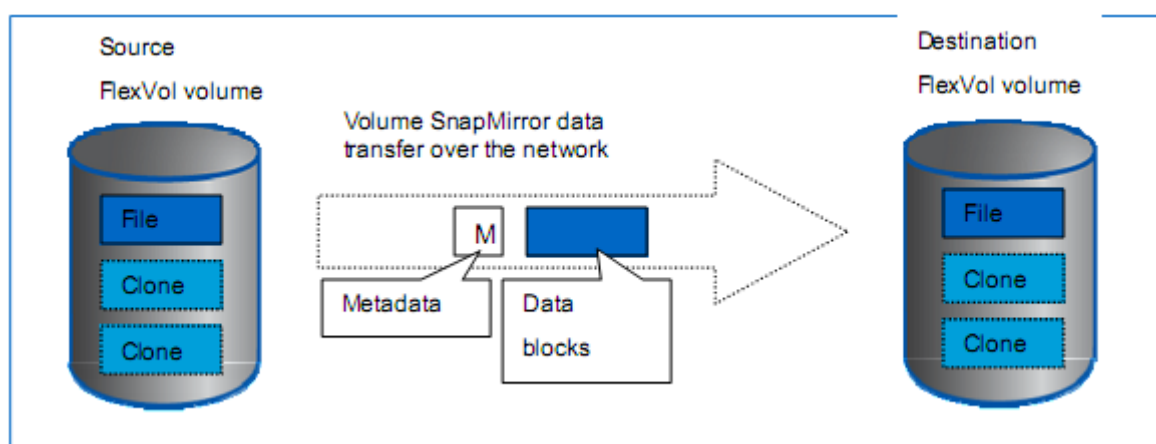


Рис 3) Volume SnapMirror переносит экземпляр FlexClone- файла или LUN.

Volume SnapMirror эффективен, и экономит полосу пропускания, как и пространство хранения на системе-получателе.

Если в вашей репликации SnapMirror исходный размер тома FlexVol меньше, чем разрешенный размер тома, а на получателе больше, чем лимит FlexClone для той платформы, создание клона с помощью FlexClone для файла или LUN на исходном томе FlexVol вызовет ошибку при следующей репликации SnapMirror, так как размер на получателе окажется больше лимита. Такая ситуация возможна в случае использования репликации между платформами NetApp разных уровней, например при репликации с системы серии 6000 на серию 3100 или 2000. Для успешной репликации SnapMirror, размер тома-получателя должен быть уменьшен до величины, меньшей лимита соответствующей платформы.

Volume SnapMirror блокирует все снимоты тома на время процесса репликации и, следовательно, также заблокирует и временный снимот, создаваемый в процесс операции клонирования. Если передача volume SnapMirror начинается в то время, когда операция клонирования еще идет, то снимот, созданный на томе FlexVol на источнике репликации не будет удален по окончании клонирования, в том случае, если к его окончанию передача сеанса репликации будет все еще идти. Кроме этого, когда передача SnapMirror все еще продолжается, попытки начать новую операцию клонирования с использованием временных снимотов, даже после выполнения первой операции клонирования на этом томе, могут завершаться с ошибкой.

Поэтому операции клонирования с использованием временного снимка на томе-источнике репликации должны начинаться после того, как отработает репликация SnapMirror.

## 5.2 Qtree SnapMirror и SnapVault

Qtree SnapMirror производит репликацию содержимого тома или qtree на qtree системы-получателя. SnapVault® это продукт для защиты данных, и сохранения их старых версий. SnapVault реплицирует данные с qtree системы-источника (так называемой *SnapVault primary*) на qtree системы-получателя *SnapVault secondary*. SnapVault использует для этого механизм репликации qtree.

Qtree SnapMirror и SnapVault, оба работают на *логическом* уровне. Это значит, что они не видят тот факт, что «логические файлы», такие как клоны, совместно используют физические блоки дискового пространства. По этой причине, все клоны файлов и LUN-ов передадутся и запишутся на систему-получатель как различные физические копии файлов и LUN. Следовательно, на системе-получателе переданные клоны не будут использовать совместно физические блоки, и превратятся в обычные «физические клоны», заняв соответствующее место, как показано на рисунке.

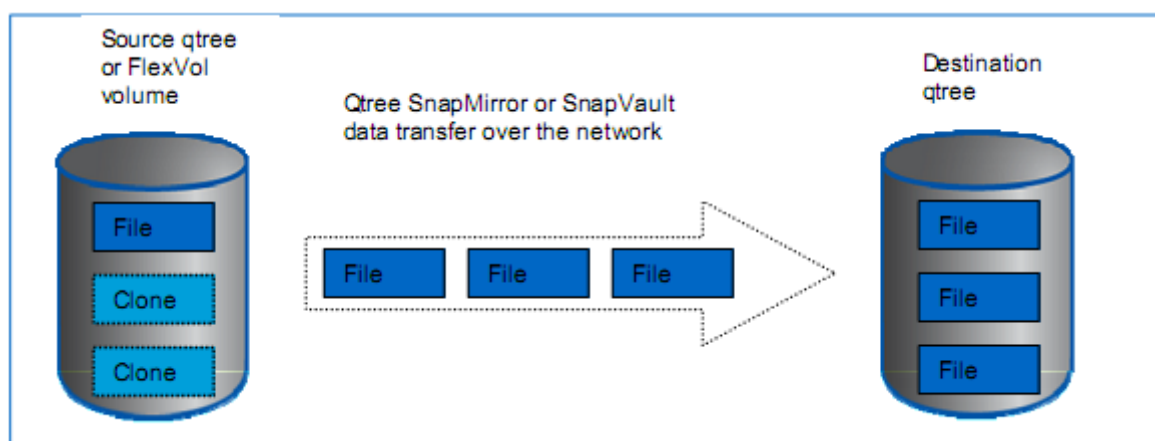


Рис. 4) Qtree SnapMirror переносит экземпляр FlexClone- файла или LUN.

Размер на получателе будет равен сумме всех размеров логических файлов или LUN-ов на источнике. Способ получить оценку требуемого размера, это запустить команду `df` с именем тома в качестве аргумента, чтобы увидеть использованное и сэкономленное место. Объем пространства на получателе должен быть равен или больше сумме *used* и *save*. Запуск дедупликации на системе-получателе после передачи SnapMirror обычно уменьшает занимаемый объем до величин практически равной объемам занятого пространства на системе-источнике.

## 5.3 NDMP и DUMP

Dump и NDMP также работают на логическом уровне, как было описано выше для qtree SnapMirror. Потому, если вы делаете резервную копию тома FlexVol или qtree на нем, каждый клон будет скопирован как индивидуальный файл. При восстановлении он также восстановится как индивидуальный файл.

Если операция `dump` запустится в тот момент, когда операция клонирования еще не закончена, то дамп снимка будет содержать частично скопированный файл. Файл выглядит для `dump` как неполный (*partial*) файл, и `dump` умеет обрабатывать такие ситуации.

## 5.4 Synchronous SnapMirror

Том FlexVol, содержащий клоны FlexClone для файлов и LUN, созданные командой clone не должны использоваться как источник данных при репликации synchronous SnapMirror. Data ONTAP это формально не запрещает, однако такая конфигурация не поддерживается, и не рекомендуется.

## 5.5 Snapshot

Все обычные операции со снимками на томе с клонами поддерживаются обычным образом. Если снимок сделан в момент, когда операция клонирования не завершилась, то в снимке окажется заперт частично клонированный файл. Когда клонирование завершится, то будет доступен полный клон. Частично клонированный и запертый в снимке файл может быть идентифицирован по тому признаку, что права на него сброшены и установлены в 0, когда том смонтирован через NFS. Пример приведен ниже:

У нас есть тестовый файл по имени test\_file на томе FlexVol. Мы начинаем создавать клон этого файла с помощью команды clone start. Когда операция клонирования еще идет, мы создаем снимок по имени testsnap. Вскоре, после того, как снимок создан, завершается и операция клонирования. Как исходный файл, так и его клон готовы к использованию на клиенте, как показано ниже:

```
netapp1%ls -lt
total 21012752
-rw-rw-rw- 1 root root 10737418244 Oct 6 2008 clone_test_file
-rw-rw-rw- 1 root root 10737418244 Oct 6 15:53 test_file
```

Однако, если мы посмотрим в директорию снимков на клиенте, мы увидим частично скопированный файл с разрешениями равными 0. О том, как получить доступ к директории снимков смотрите *Data ONTAP data protection online backup and recovery guide* на сайте NOW <http://now.netapp.com>.

```
netapp1%cd .snapshot
netapp1%cd testsnap
netapp1%ls -lt
total 21012752
----- 1 root root 10737418244 Nov 3 15:45 clone_test_file
-rw-rw-rw- 1 root root 10737418244 Nov 3 15:45 test_file
```

Частично клонированный файл показывается в снимке потому, что он был создан в момент, когда операция клонирования не завершилась. Существование такого частично клонированного файла никак не влияет ни на исходный файл, ни на клон на активной файловой системе.

FlexClone нельзя использовать для создания клона файла или LUN, находящихся только в снимке, и отсутствующего на активной файловой системе. Вам следует сначала перенести файл на активную файловую систему с помощью SnapRestore для этого одного файла, после чего можно создать клон с помощью FlexClone для этого файла.

## 5.6 SnapRestore для одного файла

SnapRestore® для одного файла (single file SnapRestore) нельзя запустить параллельно с уже идущей операцией FlexClone на том же томе.



## 5.7 Действия с томом

### 5.7.1 Volume SnapRestore

Volume SnapRestore нельзя запустить на томе FlexVol, на котором выполняется операция FlexClone для файла или LUN.

### 5.7.2 Vol Copy

Исходный том для операции `vol copy` может нести на себе клоны типа FlexClone. Когда операция `vol copy` завершится, то том-получатель копирования также получит атрибут `sis`, который будет виден в выводе команды `vol status`. Файл или LUN и его клоны на томе-получателе будут также использовать совместно физические блоки данных, как на оригинальном томе.

Если передача `vol copy` начата когда операция клонирования еще идет на исходном томе FlexVol, тогда снэпшот, созданный для операции клонирования не удалится по окончании операции клонирования, если в этот момент операция `vol copy` не завершилась. Также с ошибкой могут завершаться в этом случае любые попытки начать другую операцию клонирования, использующую временный снэпшот, после завершения предшествующей на том же томе. Операции клонирования с использованием временного снэпшота на исходном для копирования томе FlexVol должны предприниматься после окончания операции копирования тома.

### 5.7.3 Vol Autosize

На томе, содержащем клоны FlexClone для файлов или LUN некоторый физический объем будет занят метаданными. Если том FlexVol имеет сконфигурированную опцию `vol autosize`, и на нем создаются клоны файлов или LUN-ов типа FlexClone, и при этом на нем заканчивается место посередине процесса создания необходимых для клона метаданных, то операция `autosize` не сработает. Таким образом, размер тома FlexVol не увеличится, несмотря на опцию `autosize`, даже если том заполнится. Операция клонирования завершится с ошибкой.

При включении опции `vol autosize` на томе типа FlexVol, который несет клоны типа FlexClone для файлов и LUN-ов, максимальный лимит размера для операции `autosize` должен быть установлен в значение меньше максимально допустимого для данной платформы. Если лимит выше максимально допустимого размера, то `autosize` не включится, и выдастся ошибка.

### 5.7.4 Vol Clone

Возможно создание и клона тома FlexVol целиком. FlexClone-том может быть создан из тома-оригинала, также несущего на себе клоны файлов и LUN. Клонированный том будет содержать на себе как файлы и LUN-ы, так и сделанные с них клоны. Файлы-оригиналы и их клоны располагаются на клонированном томе точно также как и на исходном томе, также используя совместно дисковые блоки данных, как и на исходном томе. По сути, файлы, LUN-ы и их клоны на оригинальном томе, а также файлы, LUN-ы и их клоны на клонированном томе, все они используют одни и те же физические блоки на дисках системы хранения. Все это минимизирует возможный расход дискового пространства. Если клонированный том отделяется (*split*) от его оригинального тома, то файлы, LUN-ы и их клоны перестают использовать совместно используемые блоки, и начинают существовать отдельно, как отдельные LUN и файлы. Таким образом, объем занятого на системе хранения пространства таким клонированным томом FlexVol после операции *split*, будет больше, чем до нее. Нельзя создать клон типа FlexClone для файлов и LUN на томе в то время, когда он отделяется (*split*) от породившего его тома-оригинала. Когда операция отделения завершилась, то вновь можно создавать обычным образом клоны файлов и LUN-ов на отделенном томе.

## 5.8 MultiStore

MultiStore® - это возможность Data ONTAP разбить одну систему хранения на множество виртуальных систем, которые будут выглядеть для сети как несколько систем хранения. Каждая система хранения, созданная в результате такого разделения, будет называться vFiler™. Для подробностей смотрите *MultiStore management guide* на сайте NOW: <http://now.netapp.com>.

Команда `clone` не работает в контексте vFiler. То есть вы можете использовать ее только в экземпляре vFiler по умолчанию, так называемом `vfiler0`, но ни в каких других vFiler этой системы хранения.

## 5.9 Дедупликация

Клоны файлов и LUN типа FlexClone могут быть созданы на томе FlexVol с включенной на нем дедупликацией. Дедупликация использует одинаковые физические блоки хранимых данных в различных логических файлах или LUN-ах. Таким образом, при создании клонов файла или LUN на томе с включенной дедупликацией, вы можете упереться в ограничение в 255 ссылок на физический блок еще до того, как создадите 255 клонов, так как физический блок может уже быть использован в процессе дедупликации.

Ключ `-l` команды `clone` включает операцию записи изменений (*change logging*). Эта информация используется в процессе дедупликации. Для подробностей о работе дедупликации, логов изменений, и команды `sis`, смотрите документ [TR-3505](#).

Включение записи изменений может замедлить процесс создания клона. Поэтому включение *change logging* рекомендуется только в случае огромного объема перезаписей оригинального файла или LUN, когда при этом вы хотите также использовать эти новые блоки данных в процессе дедупликации.

Операции FlexClone нельзя выполнять в то время, когда на томе исполняется команда `sis undo`.

## 5.10 Перезагрузка

Если система хранения перегружается в том момент, когда создается FlexClone файла или LUN, то операция FlexClone автоматически перезапустится, когда система в следующий раз загрузится.

## 5.11 Cluster Failover

В случае работы в режиме кластерной пары High Availability, если *takeover* случается в момент, когда перехватываемая система выполняет процесс FlexClone, то операции клонирования приостанавливаются на время *takeover*, и автоматически рестартуют, когда *takeover* выполнен. Подобным же образом процессы клонирования приостанавливаются и продолжают работу в случае *giveback*.

## 5.12 FlexShare

ПО FlexShare® - это мощное средство приоритезации (*quality-of-service*) для системы хранения под Data ONTAP. Оно позволяет вам назначать индивидуальные приоритеты для нагрузок различных приложений, обрабатываемых одной системой хранения. Рабочая нагрузка, создаваемая созданием и удалением клонов FlexClone, считается в FlexShare системной нагрузкой, так что влияние его на производительность системы хранения можно регулировать, устанавливая во FlexShare приоритеты для системных операций.

### 5.13 File Folding

File folding и создание клонов FlexClone для файлов или LUN нельзя запустить параллельно на одном томе FlexVol.

### 5.14 SnapLock

FlexClone на уровне файла и LUN не поддерживаются на томе SnapLock®.

## 6 Производительность

FlexClone для уровня файлов и LUN создана с использованием внутренних структур и гибких возможностей WAFL, и работает весьма эффективно. В большинстве случаев, производительность системы хранения никак не страдает от операций FlexClone. Однако, под тяжелой загрузкой, и для определенных типов рабочей нагрузки, например с большими объемами случайной по характеру записи на клоны, или на оригинальные их файлы, FlexClone может оказывать некоторое влияние на производительность при записи, как на исходные файлы данных, так и на их клоны. Это связано с тем, что система хранения имеет определенный объем работы с метаданными для совместно используемых блоков.

## 7 Примеры использования

Для иллюстрации простоты и эффективности использования FlexClone для клонирования файлов и LUN, в этом разделе мы пройдем по гипотетическому случаю его использования, показывающему полный жизненный цикл FlexClone на файловом уровне.

Предположим, что мы работаем в компании, занимающейся созданием программных средств обработки изображений огромных размеров, таких, например, как космические, спутниковые фотографии, или картографические изображения аэрофотосъемки. Наши разработчики ежедневно трудятся над созданием алгоритмов обработки изображений, улучшения их качества, в особенности отдельных их частей с теми или иными дефектами, такими как нерезкость, шумы, помехи, и так далее. Каждый исследователь работает над своим алгоритмом, который тестирует на изображении, каждому из них необходима его личная копия рабочих файлов огромных размеров. Так как алгоритм улучшения применяется к отдельным, сравнительно небольшим дефектным или нерезким участкам общего изображения, то изменяемые блоки данных будут сравнительно невелики по сравнению с общим размером изображения. Использование большого количества копий огромных файлов изображений быстро заполнит все возможное пространство системы хранения, и, так как большинство изображений похоже, или просто копии одного файла, пространство хранения окажется неэффективно заполнено избыточными, идентичными данными.

В данном случае тут мы видим наилучшее место применения технологий FlexClone. Для иллюстрации мы примем размер файла изображения примерно в 10GB.

Также возьмем для примера, что тома монтируются на клиента под Linux® по NFS, а также на клиентов Windows® по CIFS. Это возможно, потому что мультипротокольный доступ поддерживается в системах хранения NetApp.

У нас есть на томе рабочий файл, размером 10GB, вот что по тому поводу показывает команда df из консоли системы хранения:

```

netapp01>
netapp01> vol status testvol
      Volume State      Status      Options
      testvol online    raid_dp, flex
      Containing aggregate: 'testaggr'
netapp01>

netapp01> df testvol
Filesystem      kbytes      used      avail      capacity  Mounted on
/vol/testvol/   83886080    10509416  73376664    13%    /vol/testvol/
/vol/testvol/.snapshot  20971520      0    20971520      0%
/vol/testvol/.snapshot
netapp01>

```

Команда df показывает что на томе занято примерно 10GB пространства, так как на нем лежит файл, размером 10GB.

Так как наш том смонтирован на клиенте под Linux через NFS, ниже вывод команд ls, df, и du на стороне клиента:

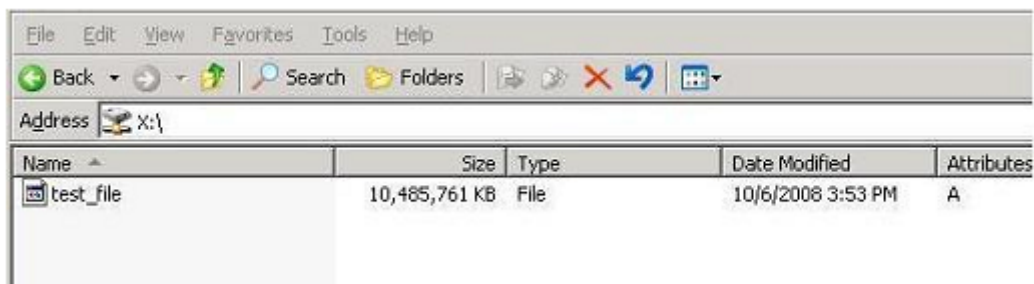
```

netapph1%ls -lt
total 10506376
-rw-rw-rw-  1 root root 10737418244 Oct  6 15:53 test_file
netapph1%
netapph1%df .
Filesystem      1K-blocks      Used Available Use% Mounted on
netapp01:/vol/testvol
                  83886080  10509728  73376352  13% /tmp/FlexClone
netapph1%.
netapph1%du -B 1K .
4      ./snapshot
10506384      .

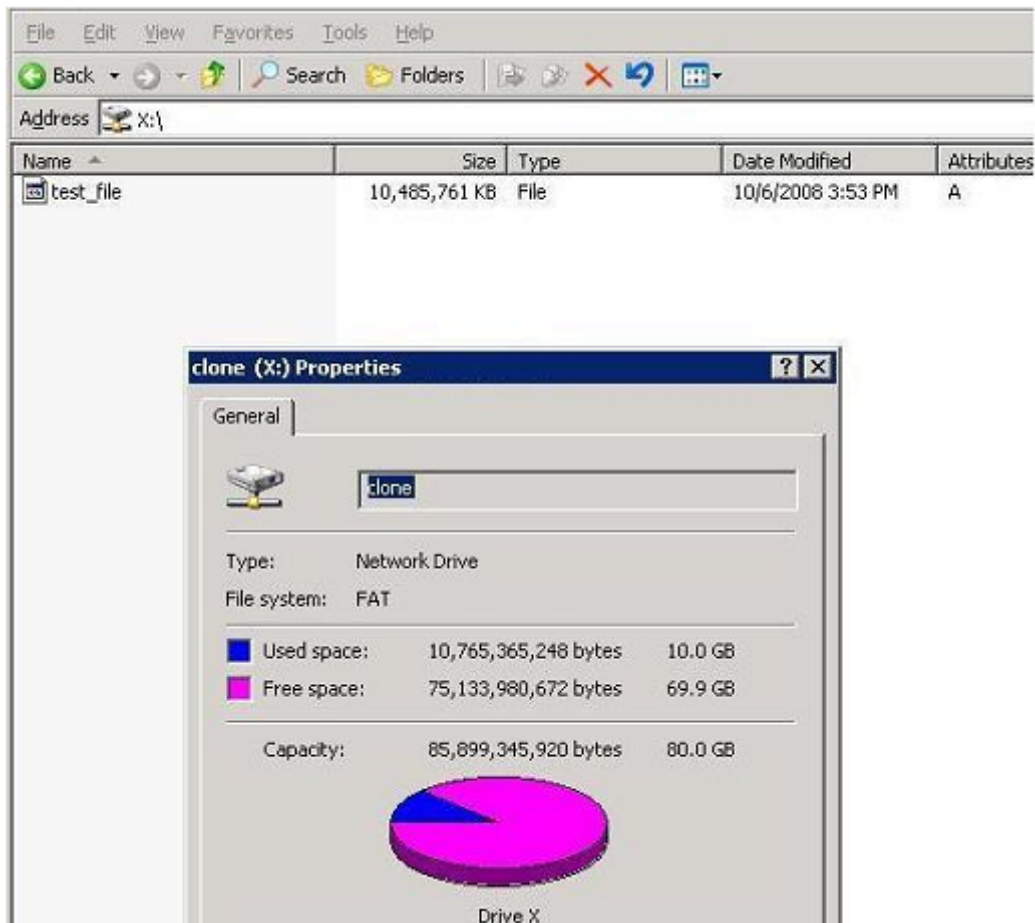
```

Команды выше показывают, что том содержит один файл около 10GB размером. Заметьте, что команды df и du показывают примерно одинаковое количество занятого места.

Ниже скриншот клиента под Windows, на котором том смонтирован по CIFS:



Далее свойства сетевой папки:



Как вы видите, размер файла, и величина используемого места показывается в районе 10GB, как и ожидается.

Теперь допустим, что два исследователя хотят поработать с данными, содержащимися в этом файле, но собираются экспериментировать с обработкой каждый своим алгоритмом. Поэтому, вместо создания двух копий файла, которые займут вместе 20GB пространства хранения, администратор системы хранения решает использовать новые возможности FlexClone для создания клона файла.

Вот какие действия он предпринимает:

Начнем процесс клонирования командой `clone start`:

```
netapp01>
netapp01> clone start /vol/testvol/test file /vol/testvol/clone test file
Clone operation started successfully. ID: 538.
netapp01> clone status

ID: 538
Source: /vol/testvol/test_file
Destination: /vol/testvol/clone_test_file
Block ranges:
State: running (49% done)
Total blocks: 2621441
Blocks copied: 0
Type: file
netapp01> Mon Oct 6 16:23:29 EDT [netapp01: waf1.snap.delete:info]: Snapshot
```

```
copy dense_clone.0.60774330-9572-11dd-9ffe-00a098060974 on volume testvol NetApp
was deleted by the Data ONTAP function dense_clone_delete_snapshot. The unique
ID for this Snapshot copy is (2, 49).
Mon Oct 6 16:23:29 EDT [netapp01: dense.clone.finish:info]: Clone operation on
file '/vol/testvol/clone_test_file' completed successfully. The clone operation
ID was 538.
netapp01>
```

Как мы видим, команда `clone start` выводит ID операции клонирования, когда процесс начался. После выполнения клонирования, временный снимок, созданный в процессе, удаляется, и печатается сообщение, информирующее об успешном создании клона. Теперь система хранения имеет файл размером 10GB, и один клон этого файла. Также обратите внимание на то, что поле `Blocks Copied` в выводе команды `clone status` равно 0. Это так, потому что и файл, и клон, оба используют одни и те же физические блоки, и никакого копирования при создании клона не происходит.

Вот вывод команды `df` на системе хранения:

```
netapp01> df testvol
Filesystem          kbytes      used      avail capacity  Mounted on
/vol/testvol/       83886080   10538852  73347228    13% /vol/testvol/
/vol/testvol/.snapshot 20971520      0   20971520     0%
/vol/testvol/.snapshot
netapp01>
```

Возможно вы обратили внимание на разницу в размере *used space* в выводе команды `df` здесь, и таком же выводе выше, перед операцией клонирования, величина использованного пространства после клонирования несколько выше, несмотря на то, что, как уже сказано, и клон и оригинальный файл, оба используют одни и те же 10GB физических блоков. Разница в этих числах есть величина метаданных, создаваемых при клонировании.

Созданный клон виден клиентам по NFS и CIFS как обычный файл. Давайте посмотрим, что они видят.

На хосте под Linux, команда `ls` показывает нам два файла, каждый примерно 10GB размером:

```
netapph1%ls -lt
total 21012752
-rw-rw-rw- 1 root root 10737418244 Oct 6 2008 clone_test_file
-rw-rw-rw- 1 root root 10737418244 Oct 6 15:53 test_file
netapph1%
```

Однако, команда `df` на клиенте показывает, что величина *used space* лишь немного больше, чем мы видели в выводе `df` перед клонированием:

```
netapph1%df
Filesystem          1K-blocks      Used Available Use% Mounted on
netapp01:/vol/testvol
                        83886080   10538848  73347232   13% /tmp/FlexClone
netapph1%
```

Величина *used space* лишь ненамного больше, чем 10GB несмотря на то, что у нас имеется два файла по 10GB каждый. Еще раз, это потому, что и клон, и оригинальный файл, оба используют на диске одни и те же физические блоки хранения данных, ссылаясь на них.

Ниже вывод команды `du` на хосте под Linux:

```
netapp1%du -B 1K .
4      ./ .snapshot
21012760      .
netapp1%
```

Как вы видите, du сообщает примерно о 20GB использованного пространства. Это так, потому что у нас имеется два файла, сообщающие о себе размер в 10GB, несмотря не то, что физически они занимают одно и то же место.

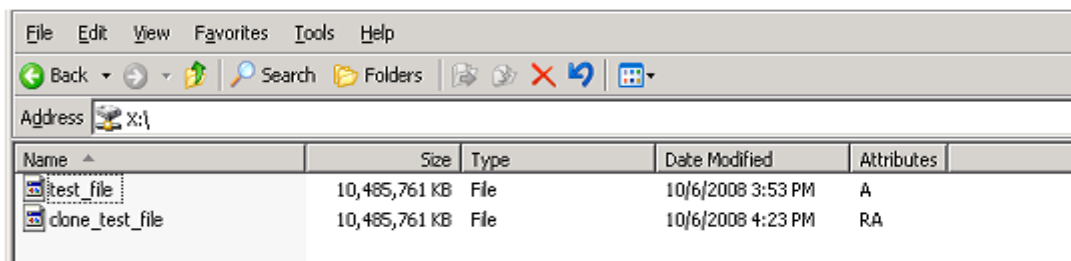
Разница в выводах *used space* сообщаемая du и df это признак того, что том может иметь клоны FlexClone файлов или LUN.

Разница между выводами *used space*, сообщаемыми df и du дает возможность оценить размер совместно используемых данных. Так, в рассматриваемом примере, объем совместно используемых физических блоков хранения:

**21,012,760 KB – 10,538,848 KB = 10,538,848 KB**

Таким образом, мы имеем примерно 10GB совместно использованных данных, что есть правда, так как мы клонировали один файл размером 10GB, этот файл и его клон, оба занимают одни и те же блоки данных.

Давайте посмотрим ситуацию с клиентом Windows, подключенным по CIFS:



Name	Size	Type	Date Modified	Attributes
test_file	10,485,761 KB	File	10/6/2008 3:53 PM	A
clone_test_file	10,485,761 KB	File	10/6/2008 4:23 PM	RA

Рис. 7) Как файлы видятся с клиента

Мы видим два файла размером 10GB, также как и в случае хоста Linux.

Вот свойства папки:

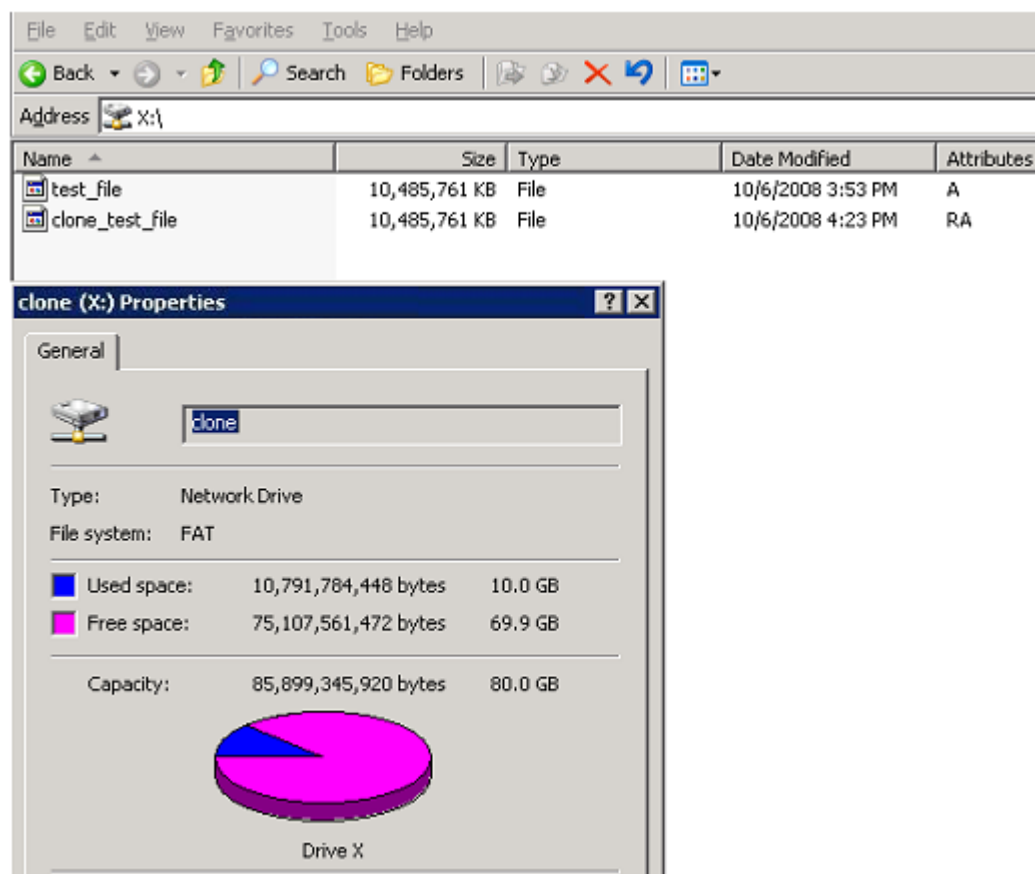


Рис. 8) Свойства сетевой папки

Мы видим, что общий использованный объем на сетевой папке по CIFS равен 10GB, несмотря на то, что в ней находится два файла по 10GB размером каждый. Количество совместно используемых данных может быть установлено вычитанием величины используемого пространства на сетевой папке из суммы размеров всех файлов.



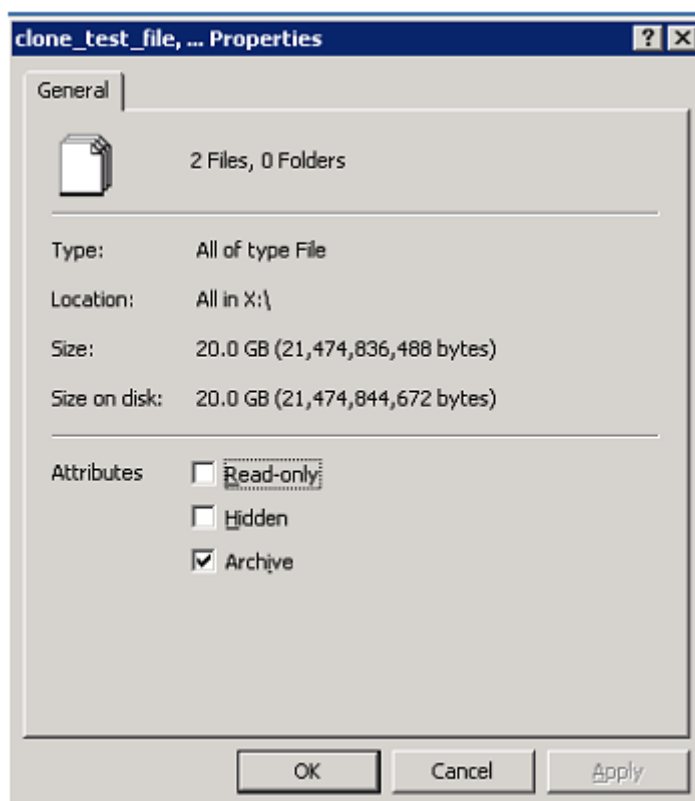


Рис. 9) Размер всех файлов

Таким образом, размер совместно используемых данных равен  $20\text{GB} - 10\text{GB} = 10\text{GB}$ , как и ожидалось.

Теперь оба сотрудника начинают работать со своими файлами. Оба файла, как оригинал, так и его клон, оба выглядят для клиентов UNIX или Windows как обычные файлы. Любые операции, включающие в себя запись, чтение, дописывание данных, или удаление, все они могут прodelываться как над файлом, так и над клоном. Когда данные на исходном файле или его клоне перезаписываются, то на диске начинает занимать дополнительное место, так как файл и его клон уже не используют такие записанные новыми данными блоки совместно.

Атрибут *sis* появляется в выводе команды `vol status`, так как том FlexVol несет на себе клоны файлов FlexClone:

```
netapp01>
netapp01> vol status testvol
      Volume State      Status      Options
      testvol online    raid_dp, flex
                        sis
      Containing aggregate: 'testaggr'
netapp01>
```

Теперь, допустим, к нашей группе присоединяется новый исследователь, с новым алгоритмом, которому требуется копия файла для работы. Создадим еще один клон, как показано ниже:

```
netapp01> clone start /vol/testvol/test_file /vol/testvol/clone_test_file_2
Clone operation started successfully. ID: 539.
netapp01> Mon Oct 6 16:56:21 EDT [netapp01: waf1.snap.delete:info]: Snapshot
copy dense_clone.0.60774330-9572-11dd-9ffe-00a098060974 on volume testvol NetApp
```

```
was deleted by the Data ONTAP function dense_clone_delete_snapshot. The unique ID for this Snapshot copy is (3, 80).  
Mon Oct 6 16:56:21 EDT [netapp01: dense.clone.finish:info]: Clone operation on file '/vol/testvol/clone_test_file_2' completed successfully. The clone operation ID was 539.
```

```
netapp01>
```

Вот вывод команды `df` на системе хранения:

```
netapp01> df testvol  
Filesystem          kbytes      used      avail capacity Mounted on  
/vol/testvol/      83886080   10539472  73346608 13% /vol/testvol/  
/vol/testvol/.snapshot 20971520      0   20971520    0%  
/vol/testvol/.snapshot  
netapp01>
```

Отметьте, что *used space* только слегка увеличивается, при создании второго клона.

По-прежнему мы используем для клона те же физические блоки, ссылаясь на них из клона, а небольшой увеличившийся объем нужен для хранения метаданных.

Теперь клиенты Linux и Windows видят три файла. Вот вывод клиента под Linux:

```
netapph1%  
netapph1%df .  
Filesystem          1K-blocks      Used Available Use% Mounted on  
netapp01:/vol/testvol  
83886080  10559456  73326624  13% /tmp/FlexClone  
netapph1%ls -lt  
total 31519128  
-rw-rw-rw-  1 root root 10737418244 Oct 6 2008 clone_test_file_2  
-rw-rw-rw-  1 root root 10737418244 Oct 6 16:23 clone_test_file  
-rw-rw-rw-  1 root root 10737418244 Oct 6 15:53 test_file  
.  
netapph1%du -B 1K .  
4      ./snapshot  
31519136      .  
netapph1%
```

Ниже скриншот экрана клиента Windows:

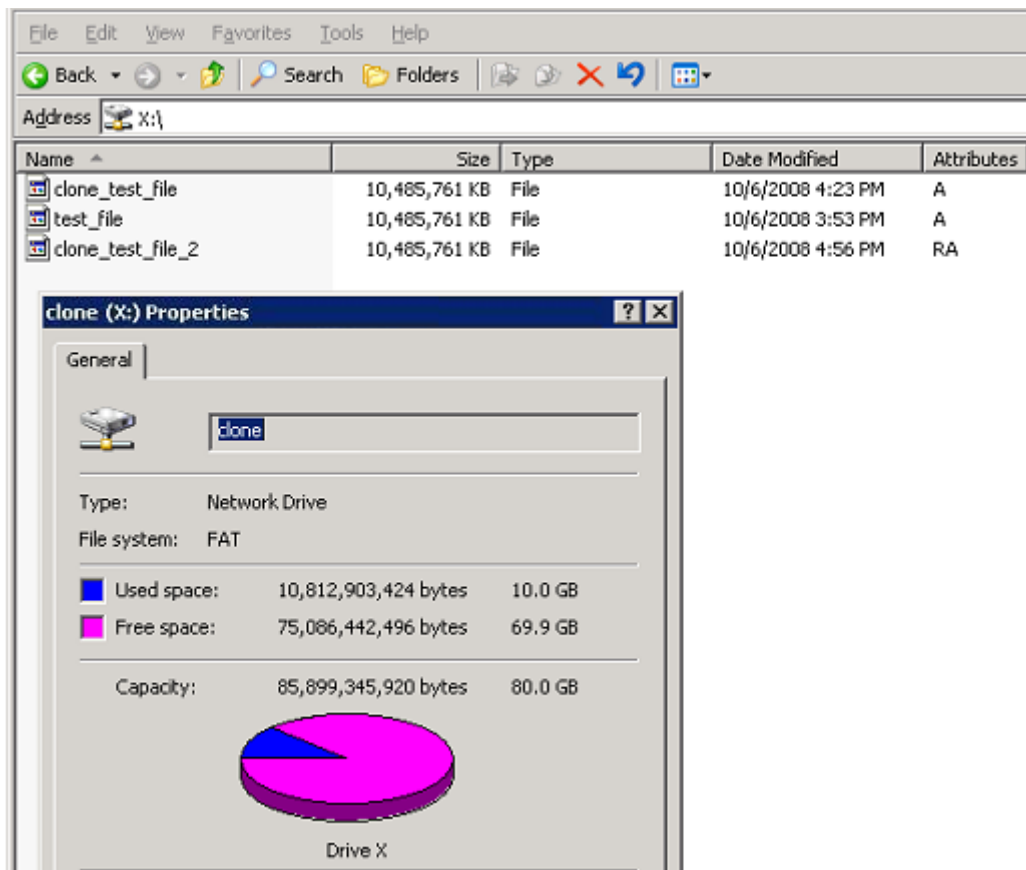


Рис. 10) Свойства сетевой папки

Отметьте, что и клиент Linux и Windows видят общим числом три файла по 10GB каждый, но занятое место показывается в размере всего 10GB. Все три файла, оригинал и его два клона, используют физически одни и те же блоки данных.

Теперь допустим, что в компании все хорошо прошло с исследованиями, и у них появилась возможность испытать около 300 различных методов обработки, которые должны обработать индивидуальные копии этого файла. Следовательно, администратору системы хранения необходимо создать 300 клонов одного файла. Так как довольно обременительно делать это руками, то админ решил создать скрипт для создания клонов. Кроме этого мы помним, что с файла возможно создание 255 клонов, после чего клоны начнут создаваться как физические копии. По этой причине админ написал скрипт, который по ssh отдает команду `clone` на систему хранения, для создания 255 clones, включая два уже созданных.

Скрипт запустился и начинает создавать клоны на системе хранения. Скрипт работает, запустив кучу команд `clone start`, но админ заметил, что некоторые из команд выводят ошибку:

```
clone start: Maximum concurrent clone operations already running.
```

Тогда админ вспомнил, что можно запустить максимум 16 параллельно работающих операций создания клонов на одном томе FlexVol. Потому он изменил скрипт, и добавил необходимые задержки запуска, чтобы не превышать этот лимит. Итак, скрипт создал 255 клонов.

Вот вывод команды `df` на системе хранения:

```
netapp01> df testvol
```

Filesystem	kbytes	used	avail	capacity	Mounted on
/vol/testvol/	83886080	15776564	68109516	19%	/vol/testvol/
/vol/testvol/.snapshot	20971520	35056	20936464	0%	/vol/testvol/.snapshot

netapp01>

Клиент Windows видит 256 файлов по 10GB каждый:

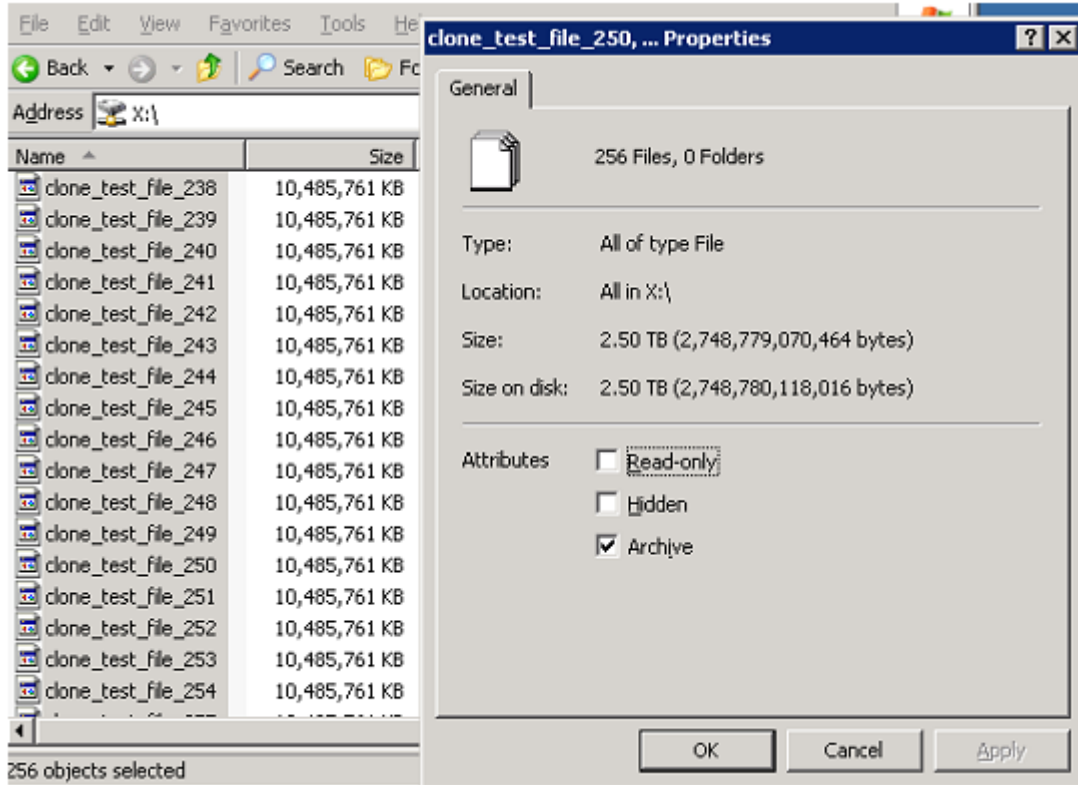


Рис. 11) Свойства всех файлов

Отметьте, что всего около 15GB пространства на диске занято, как сообщает df на системе хранения, хотя с точки зрения клиентов мы имеем 255 файлов по 10GB каждый. Все клоны используют одни и те же физические блоки на дисках.

На этом этапе создание еще одного клона приведет к процессу физического копирования данных. Поэтому админ решает понаблюдать за использованием пространства. Он создает 256-й клон из консоли системы хранения:

```
netapp01> clone start /vol/testvol/test_file /vol/testvol/clone_test_file_256
Clone operation started successfully. ID: 802.
netapp01> clone status

ID: 802
Source: /vol/testvol/test_file
Destination: /vol/testvol/clone_test_file_256
Block ranges:
State: running (2% done)
Total blocks: 2621441
Blocks copied: 76500
Type: file
```

```
netapp01>
```

Теперь мы видим, что команда `clone status` сообщает большее нуля значение в графе *Blocks copied*. Это так, потому что существует ограничение на 255 максимальных совместных использований блока, и этот лимит достигнут, так что для создания нового клона необходимо физическое копирование. Поле *blocks copied* показывает количество скопированных блоков. Обратите внимание, что *blocks* тут стандартные для WAFL блоки размером 4KB. В конце процесса клонирования команда `clone status` сообщит равное число для *total blocks* и *blocks copied*, которые означают, что исходный файл полностью скопирован в клон:

```
netapp01> clone status
```

```
ID: 802
Source: /vol/testvol/test_file
Destination: /vol/testvol/clone_test_file_256
Block ranges:
State: running (99% done)
Total blocks: 2621441
Blocks copied: 2621441
Type: file
netapp01>
```

Когда операция клонирования завершена, команда `clone status` больше не показывает статус этого клонирования, и нельзя узнать, является ли этот клон физической копией или нет. Единственный способ выяснить это – наблюдать за операцией `clone status` в то время, когда операция клонирования проходит.

Ниже вывод команды `df` на системе хранения:

```
netapp01>
```

```
netapp01> df testvol
```

Filesystem	kbytes	used	avail	capacity	Mounted on
/vol/testvol/	83886080	26285840	57600240	31%	/vol/testvol/
/vol/testvol/.snapshot	20971520	35072	20936448	0%	
/vol/testvol/.snapshot					

```
netapp01>
```

Заметьте, что *used space* на этом томе теперь равно приблизительно 25GB, тогда как перед созданием 256-го клона оно было равно 15GB. Это так, потому что, как сказано выше, 256-й клон это физическая копия исходного файла.

Администратор системы хранения, воспользовавшись рекомендациями, описанными в предыдущей главе, создал еще несколько клонов, основанных на 256-м клоне:

```
netapp01> clone start /vol/testvol/clone_test_file_256
```

```
/vol/testvol/clone_test_file_257
```

```
Clone operation started successfully. ID: 803.
```

```
netapp01> clone status
```

```
ID: 803
Source: /vol/testvol/clone_test_file_256
Destination: /vol/testvol/clone_test_file_257
Block ranges:
State: running (52% done)
Total blocks: 2621441
```

```
Blocks copied: 0
```

```
Type: file  
netapp01>
```

Заметьте, что теперь команда `clone status` показывает нули в графе *blocks copied* так как этот клон основан на 256-м клоне, физической копии блоков данных. С этого 256-го клона мы можем создать, в свою очередь, еще 255 клонов, прежде чем у нас возникнет необходимость делать новую физическую копию.

Далее, предположим, некое постороннее приложение по недосмотру создало на том же томе, где у нас расположены клоны, огромный файл, использовавший все свободное место. Вот как выглядит это в выводе команды `df`:

```
netapp01> df testvol  
Filesystem          kbytes      used      avail capacity  Mounted on  
/vol/testvol/       83886080   83877112     8968    100% /vol/testvol/  
/vol/testvol/.snapshot 20971520    35072   20936448     0%  
/vol/testvol/.snapshot  
netapp01>
```

Однако администратор системы хранения не увидел это вовремя, и запустил создание следующего клона. Операция началась успешно, но внезапно завершилась с ошибкой, так как на томе не оказалось достаточно места для метаданных клона:

```
netapp01> clone start /vol/testvol/clone_test_file_256  
/vol/testvol/clone_test_file_258  
Clone operation started successfully. ID: 804.  
netapp01> Fri Oct 24 18:26:44 EDT [netapp01: waf1.snap.delete:info]: Snapshot  
copy dense_clone.0.60774330-9572-11dd-9ffe-00a098060974 on volume testvol NetApp  
was deleted by the Data ONTAP function dense_clone_delete_snapshot. The unique  
ID for this Snapshot copy is (109, 2400).  
Fri Oct 24 18:26:44 EDT [netapp01: dense.clone.failed:error]: Clone operation on  
file '/vol/testvol/clone_test_file_258' failed with error 'Not enough disk space  
for the operation'. The clone operation ID is 804.  
netapp01>
```

Команда `clone status` сообщает причину ошибки:

```
netapp01> clone status  
  
ID: 804  
Source: /vol/testvol/clone_test_file_256  
Destination: /vol/testvol/clone_test_file_258  
Block ranges:  
State: failed (Not enough disk space for the operation)  
Type: file  
netapp01>
```

Как мы уже описывали раньше, когда процесс клонирования прерывается с ошибкой, то небольшой объем метаданных записывается на диск, чтобы иметь возможность индцировать причину ошибки. Эти метаданные очищаются с помощью команды `clone clear`:

```
netapp01> clone clear testvol 804
```

Теперь команда `clone status` не показывает ошибок, так как мы очистили метаданные, сообщающие об ошибке:

```
netapp01> clone status
netapp01>
```

Администратор обнаружил и удалил невовремя созданный другим приложением огромный посторонний файл, поэтому величина использования диска снова нормальная:

```
netapp01> df testvol
Filesystem          kbytes      used      avail capacity  Mounted on
/vol/testvol/       83886080    26285840  57600240    31% /vol/testvol/
/vol/testvol/.snapshot 20971520     35072   20936448     0%
/vol/testvol/.snapshot
netapp01>
```

Теперь админ захотел посмотреть на то, сколько пространства сэкономлено с помощью использования FlexClone по сравнению с физическим копированием файлов. Для этого он использует команду `df -s`:

```
netapp01> df -sh testvol
Filesystem          used      saved      %saved
/vol/testvol/       25GB     2560GB      99%
netapp01>
netapp01>
```

Таким образом, 256 логических файлов по 10GB каждый, если бы они были созданы обычным копированием, заняли бы 2560GB пространства системы хранения. Но с использованием FlexClone, мы имеем только два физических файла размером по 10GB, а все остальные это клоны, в которых занимают место только их метаданные. Итого, реальный физический объем, занятый на дисках - 25GB.

Теперь все эти файлы готовы для обработки, и мы запускаем на них наши алгоритмы. Предположим, что исходный файл поступает на тест первым. Допустим, что алгоритм перезаписывает около 1GB данных в файле.

Когда данные в исходном файле или его клоне перезаписываются, то перезаписанные блоки начинают занимать физическое пространство на дисках. Следовательно, после выполнения обработки над первым файлом, админ отметил увеличение занятого места на диске приблизительно на 1GB:

```
netapp01>
netapp01> df testvol
Filesystem          kbytes      used      avail capacity  Mounted on
/vol/testvol/       83886080    27360592  56525488    33% /vol/testvol/
/vol/testvol/.snapshot 20971520     32440   20939080     0%
/vol/testvol/.snapshot
netapp01>
netapp01> df -h testvol
Filesystem          total      used      avail capacity  Mounted on
/vol/testvol/       80GB     26GB     53GB     33% /vol/testvol/
/vol/testvol/.snapshot 20GB     31MB     19GB     0%
/vol/testvol/.snapshot
```

Как вы видите, *used space*, показанное в выводе команды `df` до и после перезаписи первого файла, увеличилось с 26285840KB до 27360592KB, что, приблизительно, есть увеличение на 1GB. Это вызвано перезаписью 1GB данных, находящихся в файле.

Теперь, когда тестирование первого файла завершено, админ удаляет его:

```
netapp1%  
netapp1% rm test_file  
netapp1%
```

Как уже рассматривалось ранее, удаление исходного файла, или любого из его клонов, никак не влияет на другие клоны, и они продолжают совместно использовать одни и те же блоки диска. Вот вывод команды `df`:

```
netapp01> df testvol  
Filesystem            kbytes      used      avail capacity  Mounted on  
/vol/testvol/         83886080    26291404  57594676    31% /vol/testvol/  
/vol/testvol/.snapshot 20971520    1106504   19865016     5%  
/vol/testvol/.snapshot  
netapp01>  
netapp01> df -h testvol  
Filesystem            total      used      avail capacity  Mounted on  
/vol/testvol/         80GB      25GB      54GB     31% /vol/testvol/  
/vol/testvol/.snapshot 20GB      1080MB    18GB     5%  
/vol/testvol/.snapshot  
netapp01>
```

Заметьте, что удалив файл размером 10GB, мы получили дополнительно всего около 1GB свободного места. Так получается потому, что эти 1GB были перезаписанными в процессе тестирования данными в этом файле. Даже, несмотря на то, что мы видели этот файл размером в 10GB, только эти 1GB не были совместно используемыми. Поэтому, когда мы удалили этот файл, то мы получили обратно только этот 1GB пространства. Когда файл или клон, использующие с кем-то совместно одни и те же физические блоки, удаляется, то эти блоки продолжают использоваться другими участниками их использования, LUN-ами или файлами. Если существуют другие клоны файла, которые используют эти же блоки данных на томе, то при их удалении высвободится только тот объем, что был изменен на этом клоне, плюс объем, занятый его метаданными. Таким образом, при удалении исходных файлов, LUN-ов, или их клонов, будет освобождаться не так много места, пока не будет удален последний файл клона, использующий эти данные.

Даже несмотря на то что удален исходный файл, с которого создавались клоны, все остальные клоны остаются доступными, и видятся клиентами по NFS или CIFS как обычные файлы. Кроме этого они продолжают совместно использовать физические блоки данных на диске.

Наконец админ получает от исследователей сообщение, о том, что 12 из их алгоритмов не заработали, и им больше не нужны 12 файлов, которые использовались для их работы. Поэтому админ принимает решение удалить файлы 12 клонов. Админ вспомнил, что при создании клонов, 256-й клон занял много места на диске, так как является полной физической копией, поэтому он решает начать удаление с его клонов.

Итак, админ удаляет 257-й клон:

```
netapp1%  
netapp1% rm clone_test_file_257
```



```
netapp1%
```

Однако размер занятого пространства после удаления 257-го клона на системе хранения не уменьшился значительно, так как и 257-й и 256-й клоны, оба используют одни и те же блоки, а 256-й клон по-прежнему существует.

Теперь админ удаляет 256-й клон:

```
netapp1%  
netapp1% rm clone_test_file_256  
netapp1%
```

Объем занятого на томе места уменьшается на 10GB:

```
netapp01>  
netapp01> df testvol  
Filesystem          kbytes      used      avail capacity  Mounted on  
/vol/testvol/       83886080   15764424  68121656    19% /vol/testvol/  
/vol/testvol/.snapshot 20971520   11639016  9332504     55%  
/vol/testvol/.snapshot  
netapp01>  
netapp01> df -h testvol  
Filesystem          total        used        avail capacity  Mounted on  
/vol/testvol/       80GB         15GB         64GB     19% /vol/testvol/  
/vol/testvol/.snapshot 20GB         11GB         9113MB    55%  
/vol/testvol/.snapshot  
netapp01>
```

Так получилось потому, что и оригинальный файл, и его клон, оба удалены, и блоки данных вернулись в пул свободных блоков системы хранения.

Далее админ, как и запланировано, удаляет еще 10 файлов:

```
netapp1% rm clone_test_file_255;rm clone_test_file_254;rm clone_test_file_253; rm  
clone_test_file_252;  
rm clone_test_file_251; rm clone_test_file_250; rm clone_test_file_249; rm  
clone_test_file_248; rm  
clone_test_file_247; rm clone_test_file_246
```

Команда df сообщает, что параметр *used space* не слишком изменился:

```
netapp01> df testvol  
Filesystem          kbytes      used      avail capacity  Mounted on  
/vol/testvol/       83886080   15558308  68327772    19% /vol/testvol/  
/vol/testvol/.snapshot 20971520   11845644  9125876     56%  
/vol/testvol/.snapshot  
netapp01>  
netapp01> df -h testvol  
Filesystem          total        used        avail capacity  Mounted on  
/vol/testvol/       80GB         14GB         65GB     19% /vol/testvol/  
/vol/testvol/.snapshot 20GB         11GB         8911MB    56%  
/vol/testvol/.snapshot  
netapp01>
```

Так получилось, отметим вновь, потому что занятые блоки продолжают использоваться в других клонах, а при удалении клона высвобождаются только его метаданные, плюс объем измененных блоков, по сравнению с его файлом-оригиналом.

На описанном примере использования мы рассмотрели полный жизненный цикл клона, от его создания, использования, до удаления, и некоторые встречающиеся при использовании клона особенности работы. Мы также выделили основные преимущества FlexClone на уровне файлов, и методы достижения максимальной эффективности. Как рассматривалось в предыдущих главах этого руководства, процесс создания клона LUN идентичен созданию клона для файла. Вот процесс создания клона типа FlexClone для LUN:

- Убеждаемся, что LUN существует:

```
netapp01> lun show /vol/testvol/testlun
/vol/testvol/testlun      10.0g (10742215680)  (r/w, online, mapped)
netapp01> lun show -v /vol/testvol/testlun
/vol/testvol/testlun      10.0g (10742215680)  (r/w, online, mapped)
Serial#: HnSrBoMaK8ZF
Share: none
Space Reservation: enabled
Multiprotocol Type: windows
Maps: igroup1=1
```

- Создаем клон LUN с помощью FlexClone:

```
Netapp01> clone start /vol/testvol/testlun /vol/testvol/clone_testlun
Clone operation started successfully. ID: 9.
netapp01> Fri Dec 19 12:28:07 GMT [netapp01: waf1.snap.delete:info]: Snapshot
copy dense_clone.0.2e0aa696-cf59-11dd-94a1-00a09803488b on volume testvol NetApp
was deleted by the Data ONTAP function dense_clone_delete_snapshot. The unique
ID for this Snapshot copy is (1, 7).
Fri Dec 19 12:28:07 GMT [netapp01: dense.clone.finish:info]: Clone operation on
file '/vol/testvol/clone_testlun' completed successfully. The clone operation ID
was 9.
netapp01>
```

## 8 FlexClone в виртуальной инфраструктуре

Виртуализованная серверная инфраструктура это отличная область применения для FlexClone. Виртуальная машина (VM) состоит из одного или нескольких двоичных файлов, являющихся дисками виртуальной машины, и некоторого количества относящихся к ней файлов, или метаданных, которые определяют конфигурацию VM. Эти файлы виртуальных дисков могут различаться в размерах от единиц до десятков гигабайт, в зависимости от целей их использования.

В виртуализованной серверной инфраструктуре новая виртуальная машина обычно создается из так называемого «шаблона» (*VM template*), то есть эталонной VM, которая клонируется в нужном количестве экземпляров, и на основе которой создается индивидуальный настроенный экземпляр. Во время этого процесса, создается копия виртуальных дисков созданного «шаблона», и новые конфигурационные файлы (или «метаданные») создаются и привязываются к новому виртуальному диску, порождая новую VM. Копирование содержимого файлов виртуального диска шаблона это наиболее длительная операция всего описанного процесса, которую выполняет физический сервер, hostящий виртуальную машину. Технология NetApp FlexClone обеспечивает возможность перенести задачу создания копии виртуальных дисков с хост-сервера на систему хранения.

В среде virtual desktop infrastructure (VDI) возможности быстрого клонирования большого количества VM становится еще более впечатляющей. В этой среде обычно развертывание сотен, и даже тысяч экземпляров виртуальных машин VM, что значительно превосходит объемы такой работы для виртуальных серверов. Кроме того, в терминах VDI, там часто применяется клонирование или развертывание (*deployment*) и «повторное развертывание» (*redemption*) виртуальных десктопов, обеспечивающие большую гибкость решения VDI, если система хранения может создавать клоны очень быстро. Например, обновить OS одной копии виртуальной машины свежими обновлениями, и затем заново развернуть индивидуальные копии VM из ее клонов в тысяче экземпляров - это весьма впечатляющее действие. Однако практически невозможно развернуть тысячи VMs в сколь-нибудь осмысленное время обычным способом копирования с хоста. Если система хранения не поддерживает метод быстрого развертывания, тогда такой метод практически невозможно использовать. Клонирование сотен или тысяч VMs занимает значительное время, например от 6 до 12 минут на VM, то есть 5-10 в час. Это означает, что пересоздание (*redeploy*) тысячи VMs может занять свыше четырех дней, в которые сервера будут испытывать значительную побочную нагрузку, связанную с копированием объемов данных на системы хранения.

FlexClone на файловом уровне устраняет необходимость в обширных операциях ввода-вывода при клонировании VMs, позволяя создать клоны виртуальных дисков для множества виртуальных машин в считанные минуты. Однако процесс создания виртуальной машины состоит не только из копирования ее виртуального диска. Например, в среде VMware®, созданные VMs необходимо зарегистрировать на сервере Virtual Center, после чего настроить их индивидуально, дав им уникальные сущности для включения их в домен Microsoft® Active Directory.

Ниже приведен пример процесса создания клонов VM. В этом процессе NetApp FlexClone используется для замены операции копирования, которая обычно производится хост-сервером, при создании клонов VM.



Рис. 12) Процесс клонирования виртуальной машины

NetApp создал утилиту, которая автоматизирует весь процесс клонирования, регистрации, индивидуальной настройки и развертывания виртуальных машин. Эта утилита называется Rapid Cloning Utility (RCU). RCU использует стандартный набор инструментов VMware Virtual Infrastructure SDK и NetApp ONTAPI SDK в который входят средства управления FlexClone, а также возможности VMware Virtual Center, такие как Guest Customization для эффективного клонирования и настройки виртуальных машин. Для индивидуальной настройки VM в RCU используется спецификация Guest Customization, хранящаяся в VMware Virtual Center. Наблюдение за работой клонирования возможно через Virtual Infrastructure Client. Информация о выполнении процесса клонирования также собирается в файле Data ONTAP messages. Средство Rapid Cloning Utility рассмотрено в документе NetApp technical report [TR-3705](#).

## 9 Выводы

Технология FlexClone предлагает высокоэффективное решение для создания и управления множественными копиями данных на системе хранения. Это решение эффективно не только в отношении экономии времени создания таких копий, но и в отношении занимаемого ими при этом места. Недавние усовершенствования технологии FlexClone улучшают гранулярность, добавляя возможность независимой от механизма снапшотов работы, создавая мощный инструмент администратора системы хранения для быстрого развертывания многочисленных копий данных, экономя при этом пространство хранения.

## 10 Дополнительные материалы

### 10.1 NetApp Technical Reports и White Papers

- TR-3001: A Storage Networking Appliance  
[www.netapp.com/us/library/technical-reports/tr-3001.html](http://www.netapp.com/us/library/technical-reports/tr-3001.html)
- TR-3002: File System Design for an NFS File Server Appliance  
[www.netapp.com/us/library/white-papers/wp\\_3002.html](http://www.netapp.com/us/library/white-papers/wp_3002.html)
- TR-3347: A Thorough Introduction to FlexClone Volumes  
[www.netapp.com/us/library/technical-reports/tr-3347.html](http://www.netapp.com/us/library/technical-reports/tr-3347.html)
- TR-3505: NetApp Deduplication for FAS and V-Series  
[www.netapp.com/us/library/technical-reports/tr-3505.html](http://www.netapp.com/us/library/technical-reports/tr-3505.html)
- TR-3705: NetApp and VMware View (VDI) Solution Guide  
[www.netapp.com/us/library/technical-reports/tr-3705.html](http://www.netapp.com/us/library/technical-reports/tr-3705.html)

### 10.2 Документация по Data ONTAP

- System Administration Guide  
[http://now.netapp.com/NOW/knowledge/docs/ontap/ontap\\_index.shtml](http://now.netapp.com/NOW/knowledge/docs/ontap/ontap_index.shtml)
- Data Protection Online Backup and Recovery Guide  
[http://now.netapp.com/NOW/knowledge/docs/ontap/ontap\\_index.shtml](http://now.netapp.com/NOW/knowledge/docs/ontap/ontap_index.shtml)
- MultiStore Management Guide  
[http://now.netapp.com/NOW/knowledge/docs/ontap/ontap\\_index.shtml](http://now.netapp.com/NOW/knowledge/docs/ontap/ontap_index.shtml)
- Storage Management Guide  
[http://now.netapp.com/NOW/knowledge/docs/ontap/ontap\\_index.shtml](http://now.netapp.com/NOW/knowledge/docs/ontap/ontap_index.shtml)