

# Магнитные ленты LTO-7: новые возможности и сферы применения

Сферы применения решений хранения данных на базе магнитных лент все больше перемещаются из традиционной области резервного копирования в область долговременного хранения данных. С лентами и приводами стандарта LTO-7 ленточные решения Hewlett Packard Enterprise (HPE) позволяют не только увеличить плотность хранения и скорость доступа к данным, но также повысить доступность и надежность долговременного хранения данных, а кроме того, существенно упростить работу с лентами до уровня операций файловых систем и обычных сетевых NAS-устройств.



Кирилл Вахрамеев — технический консультант по системам резервного копирования, HPE в России.

## Введение

Магнитные ленты по-прежнему востребованы рынком: во-первых, это традиционное средство резервного копирования, ведь физико-механические воздействия, приводящие к разрушению магнитных лент, магнитных дисков и твердотельных носителей существенно отличаются. Следовательно, желательно хранить важную информацию одновременно на разных типах носителей, а, во-вторых, все в большем числе государств законодательные требования обязывают накапливать все больше данных с длительными сроками хранения в электронном виде. Анонс самого нового на сегодня 7-го поколения лент LTO состоялся в ноябре 2015 г. Важно отметить не только эволю-

ционное улучшение традиционных показателей, таких как увеличение емкости картриджа и повышение пропускной способности приводов, но и расширение возможностей ленточных решений, позволяющих работать с лентой так же просто, как с файловой системой. Прошедшее с момента анонса время показало, что использование LTO-7 не только уменьшает общую стоимость владения (total Cost of Ownership, TCO) при долговременном хранении, но и дает новую эффективную и востребованную возможность использования комплексов систем хранения данных с применением лент в качестве активных архивов.

## Расширение возможностей ленточных решений

### Магнитная лента — самый дешевый носитель

Несмотря на то, что область резервного копирования активно осваивается дисковыми системами с дедупликацией, ленточные технологии по-прежнему востребованы и активно развиваются именно в области архивного хранения, где возможная степень дедупликации невелика, поскольку данные практически не повторяются (отметим, что суть классического архива заключается именно в избавлении от необходимости хранить многочисленные копии одних и тех же исторических данных в оперативных системах). Так, по исследованиям Enterprise Strategy Group (ESG), 82% клиентов планируют сохранить или увеличить использование лент для существующих архивов. К настоящему времени установленная база ленточных накопителей LTO составляет 5,0 млн,

а LTO-картриджей продано свыше 250 млн. По оценкам IDC/Santa Clara Consulting Group (SCCG), мировой рынок лент в 2014 г. составил более \$2,0 млрд. По оценкам Clipper Group, Inc. (<http://www.thetapehub.com/downloads/HPStoreEverTapeFamily/TCG2015008.pdf>, сентябрь 2015 г.), при длительном хранении именно архивное решение, когда дедупликация невозможна, на лентах более чем в 6 раз дешевле дискового (рис. 1), с точки зрения TCO. Это происходит, прежде всего, за счет более низкой стоимости носителя на единицу хранения, но также и потому, что диски за 9 лет потребляют в 110 раз больше энергии и требуют в 2 раза больше площади размещения. Здесь отметим, что самый дешевый (но, отнюдь, не самый удобный) способ хранения данных — это ленты, складированные в сейфе. К тому же, поскольку современные ленты не требуют специальных условий хранения за пределами стандартных офисных значений температуры и влажности, то и дополнительная энергия такой способ не требует.

### Расширение возможностей решений HPE на базе LTO-7

Компания Hewlett Packard Enterprise с появлением нового поколения LTO-7 полностью обновила портфель ленточных решений HPE StoreEver во всем диапазоне — от единичных приводов до больших ленточных библиотек — путем установки новых ленточных приводов (рис. 2). При этом по сравнению с предыдущим поколением LTO-6 улучшились следующие основные характеристики:

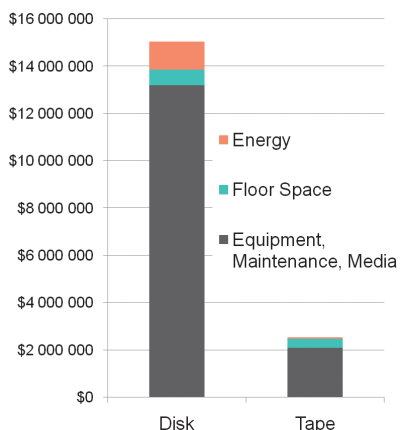


Рис. 1. Сравнение TCO при хранении данных на лентах (6 x LTO-7) и дисках (эквивалентного объема) за 9 лет.

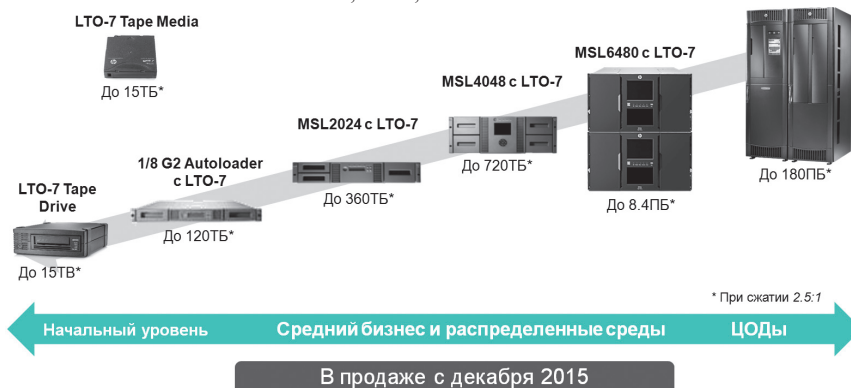


Рис. 2. Семейство ленточных устройств HPE StoreEver LTO-7 для любых информационных сред.

- емкость картриджа увеличилась в 2,4 раза — до 6 Тбайт (до 15 Тбайт при компрессии данных 2,5:1);
- производительность увеличилась в 1,8 раза — до 750 Мбайт/с (при компрессии данных 2,5:1);
- стоимость за единицу объема (за гигабайт, например) уменьшилась;
- емкость хранения в рамках одной ленточной библиотеки увеличилась до 180 Пбайт (при сжатии данных, в среднем, 2,5:1, для HPE ESL G3);
- суммарная скорость копирования стала достигать до 207 Тбайт/час без сжатия в одной библиотеке HPE ESL G3;
- надежность хранения единицы объема улучшилась на 2 порядка.

Одним из существенных параметров, определяющим целостность данных, и, следовательно, надежность их хранения, является частота появления ошибок (Bit Error Rate — BER, или вероятность появления ошибки). Для LTO-6 она составляла  $10^{-17}$ , а для LTO-7 составляет  $10^{-19}$  — одна ошибка на  $10^{19}$  записанных бит — это на три порядка лучше, чем у лучших дисковых накопителей (см. [http://www.lto.org/wp-content/uploads/2014/07/LTO\\_Get\\_The\\_Facts\\_10\\_15.pdf](http://www.lto.org/wp-content/uploads/2014/07/LTO_Get_The_Facts_10_15.pdf)) и на 4 порядка лучше, чем у SATA-дисков. Это означает, что одна невосстановимая ошибка приходится примерно на 200 тысяч записанных картриджей LTO-7, по сравнению с одной такой же ошибкой на 20 ТБ дисков SATA (кстати, в том числе и поэтому для дисков SATA в корпоративном секторе для надежности обязательно используется RAID-6).

Улучшение показателя BER позволяет уменьшить влияние сбоев, возникающих вследствие мусора или поврежденных головок, которые не могут быть устранены с помощью кода коррекции ошибок (error-correcting code, ECC). Значимость этого показателя также возрастает с объемом записываемых данных, особенно при их компрессии, и требуемым сроком их хранения. Это важно для клиентов, которым необходимо хранить десятки и сотни петабайт данных: финансово-организационные; компании нефтегазового сектора; организации, занимающиеся сбором геопространственных данных; индустрия развлечений; видеонаблюдения/видео-контент; медицинские архивы (рентгеновские снимки, томография). Особенно значимо это повышение надежности при одновременном удешевлении единицы хранения для гигантских архивов, например, облачных сервисов, в которых со временем будут храниться экзатбайты и даже зеттабайты данных.

Улучшение BER достигнуто за счет применения 32-х каналов записи чтения — 32-х головок в приводах LTO-7 — вдвое больше в сравнении с LTO-6 и улучшения алгоритмов ECC (Error Correction Code), позволяющих защитить данные не только от выхода из строя единичного элемента головки или поверхности ленты, но и от множественных ошибок, например, полностью плохого трека (<http://www.backupworks.com/LTO-7-reliable-efficient-cost-effective.aspx>).

Области применения семейства ленточных систем хранения HPE StoreEver рас-

ширились также за счет возможностей использования решений Tape-as-NAS, о чем мы расскажем ниже. Основные же традиционные способы использования лент по-прежнему востребованы. Это:

- *хранение резервных копий* — например, разгрузка дисковых систем резервного копирования от копий, требующих хранения больше полугода и копий, требующих отчуждения носителя (например, отвозимых в другой офис, запираемых в сейф и т.д.) — и тем самым понижение стоимости хранения данных;
- *основной архив* — разгрузка основной системы хранения от исторических данных и, следовательно, снижение стоимости хранения данных;
- *архив для «вечных» копий данных, требуемых по закону или по соглашению об уровне обслуживания* — экономичное, надежное, легко расширяемое хранилище, в том числе для снижения рисков утраты информации на носителях с иными физическими принципами хранения данных;
- *архив для поддержания отраслевых требований и требований регуляторов;*
- *системы для нижнего уровня иерархического хранения данных.*

**Высокая доступность ленточных систем**  
HPE StoreEver, кроме высокой надежности записи в самих накопителях, обеспечивается путем:

- *дублирования роботов для практически непрерывного доступа к картриджам в библиотеках* корпоративного класса HPE StoreEver ESL G3;
- *дублирования и автоматического переключения путей доступа к роботам и приводам* в библиотеках HPE StoreEver MSL и ESL, подключаемых в сети SAN на основе технологии Fibre Channel. Это переключение является невидимым для большинства приложений, поскольку осуществляется драйверами устройств, управляющих роботами и приводами LTO-7 в операционных системах, устраняя необходимость вмешательства пользователя;
- *проактивного мониторинга использования, производительности, состояния и исправности библиотеки, накопителей и носителей* на базе ПО TapeAssure. Решение TapeAssure Advanced представляет собой удобную и интуитивно понятную панель управления с расширенными аналитическими функциями и возможностями предупреждающего анализа. Главное, что с помощью этого анализа можно всегда оценить, сколько свободного места в библиотеке осталось, а ведь в ленточных решениях при включенном аппаратном сжатии это важное знание получить отнюдь не так-то просто.

**Упрощение и удобство работы с лентами**  
достигается за счет возможности, появившейся впервые в LTO-5 — выделять на картридже 2 раздела и писать в них отдельно метаданные и данные. Это позволило создавать файловую систему на лентах, известную как Linear Tape File System (LTFS), что практически сравняло удоб-

ство работы с лентой и диском, превращая ленту в как бы огромную «дискетку», на которую можно перемещать файлы по принципу “drag and drop”. Этот функционал поддерживается специальным бесплатным программным обеспечением на множестве основных операционных систем на x86, причем, LTFS является универсальным открытым стандартом, что значительно упрощает обмен использования ленточных картриджей между различными платформами.

В качестве базового функционала для использования преимуществ, предоставляемых LTFS, можно воспользоваться бесплатным ПО HPE StoreOpen Standalone and Automation.

Приложение HPE StoreOpen Standalone дает возможность пользователям LTFS управлять одним ленточным приводом, форматировать, монтировать и использовать LTO-5, LTO-6 и новые картриджи LTO-7, как если бы они были нормальными дисковыми томами. Оно доступно для Windows и Mac OS, поддерживая собственный графический интерфейс.

Приложение HP StoreOpen Automation расширяет функциональные возможности LTFS, представляя ленточную библиотеку и картриджи как набор папок для легкого доступа и управления.

Однако HPE StoreOpen с LTFS не является идеальным решением, например, там, где нужно хранить много миллионов небольших файлов, или там, где нужен совместный доступ множества пользователей к одному тому. Для этого традиционно используются NAS-системы. Теперь можно представить ленточную систему как NAS.

## Лента как сетевая файловая система (Tape as NAS)

Наиболее интересные новые применения развиваются с использованием LTFS в интеграции с партнерскими решениями (полный список: “*HP Data Agile BURA Compatibility Matrix — Backup, Recovery & Archive*”, прим. ред.). При этом их значимость с появлением 7-го поколения LTO возросла.

**Пример 1. Tape-as-NAS (tNAS) — архив данных на базе ленточных библиотек HPE StoreEver и программного обеспечения HPE StoreEver Archive Manager.**

Компания QStar Technologies, основанная в 1987 г., — ведущий мировой поставщик управления данными корпоративного класса и активных архивных программных решений, подписала OEM-соглашение с HPE, предоставляя ПО Archive Manager для обеспечения файлового NAS-хранилища, большая часть редко требуемого содержимого которого лежит на лентах, отличающихся от дисковых систем низкими эксплуатационными расходами и продолжительным временем хранения данных. При этом данные переносятся с относительно небольшой дисковой системы (которая, впрочем, может состоять и из твердотельных накопителей, в зависимости от необходимого количества пользователей и параметров доступа), служащей своеобразным кэшем, на ленты и обратно автоматически. Кроме того, возможно автоматическое создание

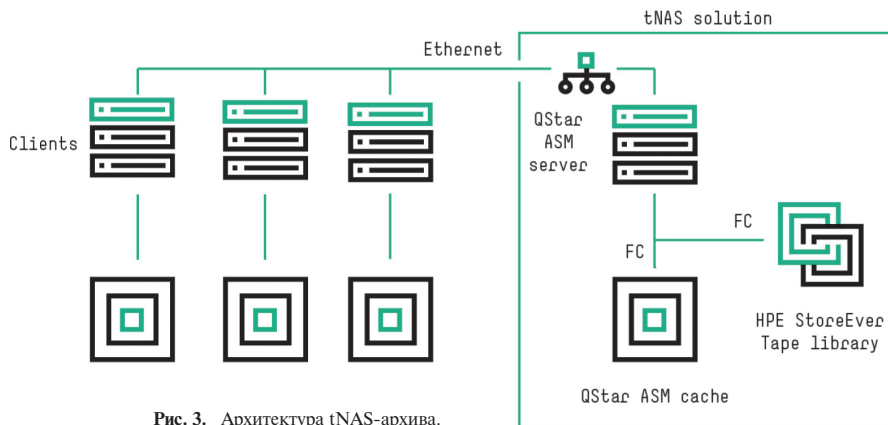


Рис. 3. Архитектура tNAS-архива.

удаленных копий архива и автоматизированная миграция данных в такой архив с помощью ПО HPE StoreEver Archive Migrator и HPE StoreEver Archive Replicator.

Зачем это нужно? Согласно исследованию Enterprise Strategy Group (ESG), в 2012 г., компании с более крупными средами хранения данных (более 500 Тбайт) показывают самые высокие темпы роста. Из них 43% ожидают, что их ресурсы хранения будут увеличиваться более чем на 20% ежегодно. Управление ростом объемов данных теперь становится проблемой номер один для ИТ-директоров в этих организациях, а вопросы, связанные с резервным копированием/восстановлением данных, — второй по важности проблемой. Другая исследовательская компания — McKinsey Global Institute — установила, что ежегодный рост объемов данных в 8 раз опережает рост ИТ-бюджетов на эти цели (*Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, June 2011*).

Один из способов снижения затрат на хранение первичных данных и их резервных копий — построение активного архива (АА). Активный архив является средой хранения, которая защищает себя сама, и поэтому не нуждается в поддержании отдельных процессов резервного копирования. Это хранилище контента (файлы, электронная почта, SharePoint, базы данных, видео или другой тип данных), который редко изменяется и к которому нет регулярных обращений, но имеющий постоянную ценность для бизнеса, например, в силу требований отраслевых регуляторов или законодательства. Цель создания АА — сделать доступным все его содержание наиболее простым и универсальным образом, используя при этом более дешевые технологии хранения данных, такие как ленты, для хранения данных в течение длительных периодов времени. tNAS может быть одним из способов построения такого архива.

В качестве ключевых критериев развертывания подобного решения могут являться следующие:

- объем хранимых данных более 100 Тбайт (для меньших объемов простые дисковые NAS, вероятно, будут экономически более предпочтительны, даже в долгосрочной перспективе);
- большая часть данных должна быть сохранена в течение длительного времени — более 6 месяцев. В противном случае лучше оставить данные на диске и удалить их, когда придет время;

- доступ к данным происходит редко. Как только данные записываются на магнитную ленту, вероятно, что время доступа увеличится до нескольких минут, что может быть неприемлемо для данных текущих проектов, используемых постоянно.

Архитектура tNAS-архива представлена на рис. 3. Решение включает в себя сервер под управлением ПО HPE StoreEver Archive Manager с доступом к скоростной дисковой кэш-памяти и ленточную библиотеку. Для клиента tNAS-архив выглядит как большой NAS и отображается так же, как и любая другая сетевая СХД. Емкость тома определяется количеством лент, выделяемых автоматически по мере необходимости.

ПО HPE StoreEver Archive Manager предоставляет виртуальный том, монтируемый через CIFS или NFS клиентами этого NAS-устройства. Однако на самом деле этот том состоит из дискового кэша и ленточной библиотеки.

Кроме того, для управления ленточным комплексом можно запустить HPE Command View TL на сервере с HPE StoreEver Archive Manager и использовать ПО HPE StoreEver TapeAssure и HPE StoreEver Data Verification. HPE StoreEver TapeAssure применяется для контроля состояния библиотеки ленточных носителей, а HPE StoreEver Data Verification — для мониторинга целостности данных при долгосрочном их хранении на ленте.

#### Требования к конфигурации

При тестировании сервер класса HPE ProLiant ML350p Gen8 смог поддерживать более чем 10 томов при загрузке процессоров 5% и выделении 500 Мбайт оперативной памяти на каждый том. Соответственно, серверы ProLiant Gen9 позволяют более чем удвоить нагрузку в сравнении с серверами Gen8.

ПО HPE StoreEver Archive Manager позволяет эффективно использовать несколько ядер процессора, поэтому можно получить нужную производительность комплекса или производительностью ядер, или их числом. Рекомендуется выделять по 2 ядра на каждый том и еще 2 ядра — для ОС, что подразумевает необходимость наличия более 22 процессорных ядер для поддержки более 10 томов.

Требования к интерфейсам:

- Ethernet-интерфейсы должны эффективно поддерживать агрегированную

пропускную способность от клиентов. Соответственно, один порт 10GbE может поддерживать до 5 томов;

- дисковые интерфейсы должны обеспечивать пропускную способность из расчета около 500 Мбайт/с для дискового кэша на один том, с чем справляется один 6 Гбит/с SAS или один 8 Гбит/с FC-интерфейс;
- интерфейсы ленточных приводов и библиотек оценивают исходя из пропускной способности 200 Мбайт/с для накопителей LTO-6 и 400 Мбайт/с для ленточных накопителей LTO-7 по количеству ленточных накопителей в выбранной библиотеке.

Использование локальных жестких дисков для кэша обычно обеспечивает 120–140 Мбайт/с пропускной способности. Этого уже недостаточно для лент HPE LTO-6, которые могут писать со скоростью 160 Мбайт/с при несжатых данных. Приводы HPE LTO-7 имеют скорость записи несжатых данных до 300 Мбайт/с. Если пропускная способность является более важным показателем, чем размер кэша, то следует обратить внимание на использование для кэша твердотельных накопителей. Использование пары зеркалированных SSD для кэша увеличит потенциальную пропускную способность свыше 300 Мбайт/с, что вполне достаточно для обслуживания ленточных накопителей LTO-7.

#### Факторы, влияющие на производительность

Следует также учитывать, что размер файла и размер страницы могут существ-

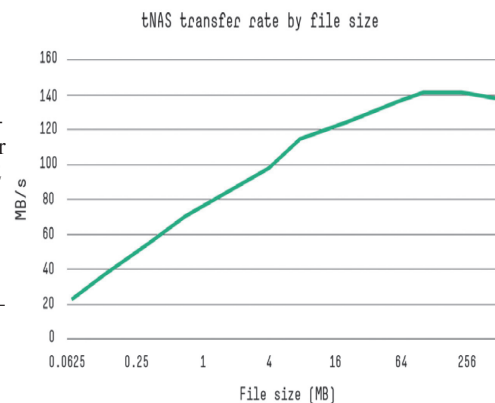


Рис. 4. Зависимость пропускной способности tNAS-архива (в конфигурации — 1 привод) от размера файла.

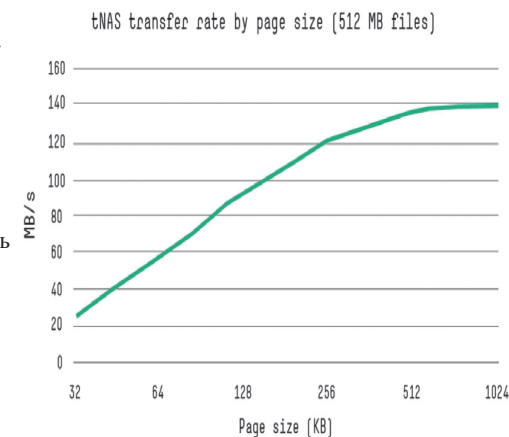


Рис. 5. Зависимость пропускной способности tNAS-архива (в конфигурации — 1 привод) от размера блока/страницы.



венно снижать максимальную пропускную способность архива. При снижении размера файлов, а также размера блока/страницы возрастают накладные расходы на управление. На рис. 4 и 5 представлена достижимая пропускная способность для привода LTO-6 в зависимости от размера файла и блока.

**Пример 2.** Снижение сложности и рисков облачного хранения за счет комбинированного решения с использованием облака и tNAS-архива.

В ходе опроса, проведенного Enterprise Strategy Group (Enterprise Strategy Group (ESG) survey summarized in the January 2014), были выявлены следующие проблемы и трудности пользователей облачных сервисов: сложность миграции; зависимость от доступа в интернет; потраченное время; защита данных. Пример рассматриваемого решения, использующего комбинацию облака и tape-as-NAS (tNAS) архива на базе ПО QStar Archive Storage Manager (ASM, версии 6.0.2 или более поздней) и HPE StoreEver Tape, позволяет во многом снять остроту этих проблем.

Данное решение представляет облако в качестве монтируемой файловой системы с данными, которые автоматически реплицируются на магнитную ленту для резервного копирования и безопасности.

При облачном хранении поддерживается новая архитектура файлового хранения: вместо организации файлов в иерархической файловой системе данные хранятся в виде объектов практически без организации, с точки зрения пользователя. Верхний уровень представляет "контейнер", в котором хранятся объекты. Каждый объект имеет уникальный идентификатор для отслеживания объектов и связанным с ним содержимым.

В файловой системе файл будет размещен пользователем или приложением в определенной части иерархии, как правило, на основе содержимого этого файла (например, архив электронной почты с января 2010 г. от Джо: /archive/email/2010/Jan/Joe/archive\_data.zip).

При облачном хранении архив электронной почты является объектом. Факты, что это архив электронной почты с января 2010 г. и принадлежит Джо, создают метаданные, на основе которых формируется хэш-код, по которому, в свою очередь, и определяют, где в облаке хранится этот файл (рис. 6).

Следует отметить, что переход от традиционного файлового хранения к облачному объектному хранению данных не является тривиальной задачей, вследствие чего Enterprise Strategy Group выделила ее как серьезную проблему.

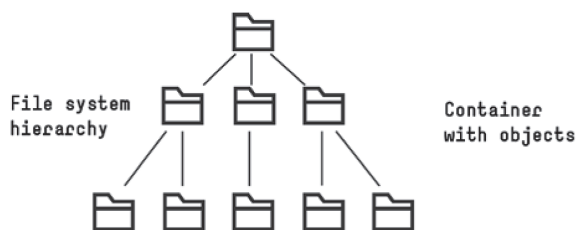


Рис. 6. Сравнение иерархии файловой системы с контейнерами и объектами.

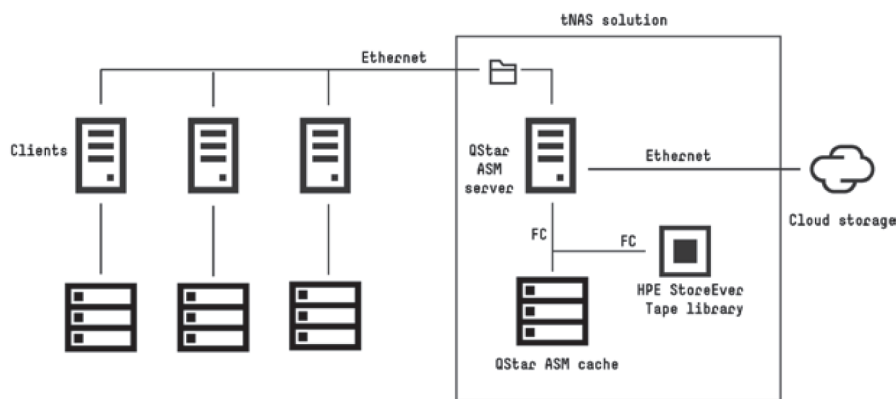


Рис. 7. Использование tNAS-архива для хранения данных как в облаке, так и локально на ленте.

### Дополнительные сложности при хранении в облаке

Даже если разработан процесс миграции данных к провайдеру облачных услуг хранения, возникает еще целый ряд проблем, которые необходимо решить:

- *скорость передачи данных через интернет относительно медленная.* Один привод HPE StoreEver LTO-7 при скорости 750 Мбайт/с (при компрессии 2.5:1) будет передавать 10 Тбайт данных около 4 часов. Это время может быть уменьшено при параллельной работе нескольких стримеров. При скорости доступа в интернет 100 Мбит/с передача такого количества данных растянется на 12 дней;
- *интернет может быть не всегда доступен* из-за того, что доступная полоса пропускания обеспечивается третьей стороной, и, следовательно, находится не под вашим контролем. Соответственно, необходимо учитывать периоды, когда нет доступа к интернету, и предусматривать запасной вариант. Это относится как к передаче данных в облако и что, возможно, более важно — извлечение данных обратно из облака;
- *передача данных и информации стороннему поставщику облачных сервисов допускает возможность их утечки или порчи.* Существуют соглашения об уровне обслуживания (SLA), чтобы гарантировать, что ваши данные всегда будут доступны, не будут потеряны или повреждены и не будут доступны никому другому, но 100%-я гарантия по выполнению SLA не может быть предоставлена. Поэтому, если все же произойдет неприятность, должна быть предусмотрена возможность восстановления данных.

Общее решение проблем, перечисленных выше, состоит в том, чтобы хранить копию данных облака на локальном, недорогом носителе информации, который используется в качестве вторичной копии данных в облаке. Если возникают проблемы с доступом к данным или с их целостностью в облаке, к ним по-прежнему можно получить

доступ к данным на местном уровне, быстро и легко, без необходимости привлечения поставщика услуг. Важно, что этот вторичный носитель данных также имеет низкую стоимость, в противном случае цель использования облака становится абсурдной.

Общая архитектура решения представлена на рис. 7. ПО QStar ASM обеспечивает поддержку традиционной файловой системы для передачи данных с помощью дискового кэша в стример или из него. Оно создает объекты для облака и/или SCSI-команды для ленточных накопителей. Оно может поддерживать несколько носителей данных бэкэнда и одновременно реплицировать данные архива как к облаку, так и к ленте.

Данная конфигурация обеспечивает оптимальное решение: низкую стоимость и другие преимущества облачного хранения в сочетании с безопасностью локального хранения на ленте с доступом к данным через один, традиционный, простой в использовании интерфейс файловой системы. Существуют два способа, с помощью которых облачная/ленточная репликация может быть сконфигурирована: первый — как зеркалирование, второй — как уровневое хранение.

В первом случае данные после записи в кэш начинают одновременно реплицироваться и на ленту, и в облако.

Во втором случае данные с высокой скоростью сначала пишутся на ленту и только потом в облако. Эта конфигурация предпочтительней, когда требуется минимизировать риски потери данных и поддержать высокую пропускную способность.

### Заключение

Решения HPE на базе стандарта LTO-7 дают новый импульс применения лент, предоставляя возможность организации не только долговременных резервных копий и архивов с крайне редким обращением к данным, но и активных архивов с недорогим и длительным сроком хранения данных, с приемлемыми задержками доступа и интерфейсом NAS-устройств, одновременно позволяя снять многие сопутствующие проблемы при развертывании традиционных инфраструктур.

Кирилл Вахрамеев,  
HPE в России