SDS проти програмного або апаратного RAID: За чим майбутнє?

У цій статті ми розглянемо, як швидко розвиваються можливості NVMe сховищ та їх співіснування з технологіями SATA/SAS, які разом пропонують захоплюючий набір розширених можливостей накопичення даних.

Визначення темпів змін: ідеї зберігання даних сьогодні та в майбутньому

Вже більше десяти років фраза «програмно-визначений» позначає віртуалізацію цілого ряду IT-сервісів, традиційно керованих як окремі апаратні пристрої.

Все почалося з програмно-визначених мереж (SDN), і незабаром програмно-визначені обчислення (SDC), програмно-визначене сховище (SDS) і навіть сам центр обробки даних (SDDC) стали віртуалізованими, щоб функціонувати як елементи гіперконвергентної інфраструктури (HCI).

Основою цього підключення є PCIe, Peripheral Component Interconnect Express — високошвидкісна шина, розвинута від інтеграції центрального і графічного процесорів, сховища та мережі до підтримки віртуалізації вводу-виводу. PCIe також підтримує інтерфейс Non-Volatile Memory Express (NVMe), призначений для оптимального підключення до твердотільних накопичувачів нового покоління, що випускаються в декількох різних форм-факторах.

Порівняно з SAS та SATA, твердотільні накопичувачі NVMe є значним кроком вперед з точки зору пропускної здатності, затримок та енергоспоживання. З моменту стандартизації в 2011 році інтерфейс зберігання даних NVMe покращився для збільшення пропускної здатності, яка практично подвоюється з кожним новим поколінням PCIe, збільшившись з 5 ГТ/с на PCIe 2.0 до 16 ГТ/с на PCIe 4.0. Незважаючи на те, що з'явився PCIe 5.0, який пропонує 32 ГТ/с, поки що йому далеко до лідерства.

В поточному плані перспектив вже є специфікація PCIe 6.0, що забезпечує швидкість 64 ГТ/с, водночас разом зі специфікацією PCIe 7.0 запланованою до випуску в 2025 році з 128 ГТ/с вони зберігають сумісність з попередніми поколіннями. NVMe сховища будуть використовувати всі ці переваги.

Налагодження зв'язків

Сьогодні PCIe 3.0 та PCIe 4.0 обладнання є в достатку, і перехід на NVMe твердотільні накопичувачі на перший погляд здається досить простим. Наприклад, карти розширення (add-in cards, AIC) можуть використовуватися для установки безпосередньо в слоти PCIe. NVMe накопичувачі з роз'ємом 3-в-1 інтерфейсу U.3 легко розміщуються в серверних масивах поряд з SATA і SAS накопичувачами. Завдяки розташованим спереду відсікам для накопичувачів, що забезпечує зручність обслуговування, розгортання U.2 є практичним рішенням для багатьох операцій в центрах обробки даних порівняно з недоліками доступності AIC.

Альтернативно інтерфейс M.2 забезпечує підключення накопичувачів NVMe з повною продуктивністю PCIe x4 за умови, що на материнській платі або AIC встановлений роз'єм з ключем M. Роз'єми з ключем B забезпечують лише швидкість SATA 3 або PCIe x2. І хоча ви можете побачити твердотільні накопичувачі з B+M, вони майже напевно є пристроями SATA 3, які забезпечують сумісність між обома типами сокетів.

Таким чином, хоча ці фізичні форм-фактори дозволяють встановлювати в системі сховище NVMe, дійсно важливо те, що лежить під ним, і це тягне за собою повне переосмислення того, як найкращим чином управляти сховищем в екосистемі NVMe.

Наприклад, підключення одного U.2 або M.2 NVMe SSD-накопичувача для оптимальної пропускної здатності використовуватиме чотири лінії PCIe (PCIe x4) на пристрій, а проблема старих систем полягала в тому, що процесорних, скажімо, з 24 ліній PCIe, могло не вистачити, якщо встановити PCIe x16 графічну карту. Більш сучасне обладнання, оснащене декількома процесорами, що забезпечують до 128 ліній PCIe, і комутацією PCIe, що збільшує кількість ліній, усуває цю проблему. Однак розподіл ліній PCIe слід враховувати при будь-якому плануванні оновлення інфраструктури, щоб гарантувати, що розподіл дасть оптимальні результати.

NVMe сховище вимагає іншого підходу до розгортання. Хоча для налаштування накопичувачів існують знайомі варіанти, такі, як програмний та апаратний RAID, їх використання еволюціонувало, щоб охопити переваги, які пропонує NVMe порівняно з SATA та SAS твердотільними накопичувачами.

Програмний RAID

Очевидною перевагою NVMe сховища є те, що всі основні операційні системи оснащені драйверами NVMe для його підтримки. Додайте NVMe твердотільний накопичувач, і незалежно від того, чи є хост Windows, Linux, macOS або Solaris, — пристрій буде доступний. Віртуалізовані середовища VMware підтримують драйвери NVMe, що забезпечує більш широкий спектр опцій, добре підходять для програмно-визначеного зберігання даних.

Така доступність NVMe пристроїв зберігання даних доповнює програмні RAID рішення, які входять в стандартну комплектацію всіх основних операційних систем. Нескладні та фактично безкоштовні програмні функції RAID доступні всім в тій чи іншій формі – від кінцевих користувачів, любителів ігор і творців контенту до повномасштабних корпоративних розгортань, забезпечуючи зручний доступ до фундаментального набору надійних функцій управління сховищем.

Базове програмне забезпечення RAID пропонує лише RAID 0 (stripe) та RAID 1 (mirror) для забезпечення продуктивності та безпеки даних відповідно. **Дійсно, апаратний RAID має набагато більше схем RAID, ніж програмні альтернативи.** Однак завдяки програмам, як mdraid, з комплекту Linux, також можна забезпечити RAID 4, 5, 6 та 10 — комбінації, які підтримують баланс продуктивності та безпеки даних.

Оскільки твердотільні накопичувачі ще не досягають ємності окремих жорстких дисків, загальні вимоги до сховища для заданої кількості накопичувачів також є важливим фактором при налаштуванні RAID-масиву. Більше того, використання програмного забезпечення для адміністрування розподілом даних та функціями перевірки парності в середовищах зберігання RAID впливає на продуктивність центрального процесору, який виконує ці процедури. Алгоритмічні операції можуть відрізнятися за складністю – наприклад, операції запису вимагають більше обчислювальних ресурсів, ніж операції читання, і якщо потік даних значний, то при високому рівні надмірності в конфігурації RAID ці завдання можуть вплинути на загальну продуктивність.

Коли плата за ліцензії на програмне забезпечення стягується за кожне ядро, чи дійсно має сенс навантажувати систему завданнями зберігання? Це давно є аргументом для використання апаратного RAID, але ми більше не працюємо в середовищі SATA/SAS. Певною мірою зниження продуктивності, притаманне програмному RAID, компенсовано скороченням затримок та збільшенням пропускної здатності в NVMe та його прямим доступом до шини PCIe.

Краща архітектура

Інтерфейс SATA розроблений для жорстких дисків, і його використання з твердотільними накопичувачами завжди було компромісом. Збільшення швидкості, яке SATA SSD-накопичувачі забезпечують порівняно з жорсткими дисками, є надзвичайно продуктивним, але це лише незначна частина того, що насправді може забезпечити флеш-пам'ять. Розширений інтерфейс хост-контролера (AHCI), що використовується SATA, з усіма його особливостями – понад 120 команд, побудованих з урахуванням фізичних обмежень дисків, що обертаються, забезпечує сумісність оновлення системи на флеш-пристрої, але в кінцевому підсумку він стає вузьким місцем. На відміну від цього, NVMe може працювати мінімум з 13 командами – 10 адміністративних і для три вводу-виводу: читання, запис, скидання.

А коли справа доходить до черг команд, технологія AHCI/SATA має лише одну, яка може надсилати 32 команди в чергу. На відміну від цього, NVMe має 64 000 черг вводу-виводу, в кожній черзі до 64 000 команд, що призводить до значно меншого використання циклів процесора.

Оптимізований шлях передачі даних PCIe, який використовує NVMe сховище, разом з його величезною пропускною здатністю і ефективністю дозволяє розглядати програмний RAID в іншому світлі. Замість обмежень програмний RAID доводить свою ефективність у цій галузі. Дійсно, для багатьох це був єдиний вибір, оскільки апаратний RAID у загальноприйнятому розумінні має дуже розвинутися, щоб забезпечити функції масштабування NVMe сховища.

Апаратний RAID

Апаратна PCIe RAID карта має окремий чіп контролера, який виконує всі необхідні обчислювальні функції для створення RAID-масиву і управління ним. Вся обробка вивантажується на RAID-карту, отже апаратний RAID може пропонувати широкий діапазон рівнів RAID з різною складністю, без навантаження на обробку на хост-платформі.

Оскільки важливі ресурси центрального процесора хоста не задіяні в обробці алгоритмів RAID, оптимізуються швидкості читання та запису і підтримується заміна дисків без відключення живлення. У програмного RAID відсутність окремої обробки збільшує затримки та обмежує пропускну здатність у середовищах SAS/SATA з високою пропускною здатністю. На відміну від апаратного RAID, заміна дисків часто вимагає процедур управління RAID перед видаленням, водночас часто потрібно перезавантаження.

Незважаючи на високу вартість, функції апаратної PCIe RAID-карти з низькими затримками, захистом даних та кешуванням, а також можливості розширення масиву дисків дозволяють їй займати центральне місце в управлінні корпоративними сховищами. І тут також є прогрес. Хоча окремі RAID-карти лише для NVMe все ще відносно нові на ринку, SATA, SAS та NVMe спільно підтримуються в трьохрежимних картах PCIe Gen 4 RAID-on-chip (ROC), пропонованих такими виробниками, як Broadcom, Marvell та Microchip.

Ці апаратні RAID-карти забезпечують спрощений спосіб співіснування NVMe твердотільних накопичувачів у змішаних середовищах зберігання. Дотримуючись основних процедур прокладання кабелів, бекплейни U.2 можна налаштувати для використання комбінацій твердотільних накопичувачів форм-фактора U.2 SATA/SAS і NVMe.

Поява стандарту U.3 робить цей форм-фактор кроком вперед, знижуючи складність за рахунок уніфікації кабелів, в яку входить справжній трьохрежимний бекплейн. Однак є і неповна сумісність: інтерфейс фізичного накопичувача U.3 однаковий, але конфігурації контактів змінилися. Отже, U.3 накопичувачі можна використовувати на U.2 бекплейнах, але U.2 накопичувачі несумісні з бекплейнами U.3.

Хоча можливості комбінування U.3 можуть здатися корисними, поширеність таких конфігурації, — це інше питання.

А що у відсіках?

Безумовно, поява стандарту Universal Backplane Management (UBM) додатково забезпечує можливість розгортання змішаних сховищ, сумісних як з U.2, так і з U.3 конструкціями. Підтримуваний консорціумом з більш ніж 20 провідних постачальників обладнання для зберігання даних, UBM дозволяє пристроям хоста та контролера користуватись можливостями бекплейну та підтримує виявлення і моніторинг різних типів накопичувачів (SATA, SAS і NVMe) навіть в межах одного відсіку для накопичувача. UBM також працює з SATA/SAS експандерами і PCIe комутаторами та надає ряд практичних функцій управління бекплейном, які ще більше покращують системні архітектури U.2 і U.3.

Трирежимна RAID карта або HBA (hardware bus adaptor — адаптер апаратної шини) використовуватиме лінії PCIe x8 або x16 від хосту і матиме функцію комутації PCIe для збільшення кількості ліній та ефективного збільшення пропускної здатності. Специфікації карти можуть вказувати підтримку, скажімо, до 32 пристроїв NVMe, але це не те саме, що підтримка восьми твердотільних накопичувачів NVMe на повній швидкості x4, для чого знадобиться 32 лінії PCIe. Теоретично можна було б розмістити 32 фізичні накопичувачі NVMe зі швидкістю x1,
і навіть у середовищі PCIe 3.0 кожен з них працював би зі швидкістю 1000 МБ/с — на дві третини швидше, ніж пропускна здатність SATA 600 МБ/с. Тим не менш, така конфігурація була б неоптимальним використанням NVMe твердотільного накопичувача , враховуючи, що його чудові можливості продуктивності значно збільшуються завдяки паралелізму ліній PCIe. У сценарії змішаного використання трирежимний контролер може виділити лише лінії x8 або x16, доступні для NVMe сховища, що знову ж таки передбачає вибір меншої кількості накопичувачів або зменшення пропускної здатності.

Чи будуть різні типи накопичувачів, легко інтегровані в один бекплейн, надихати на створення спеціалізованих систем, здатних керувати вимогами до гарячого (NVMe), теплого (SAS/SATA) і холодного (SATA/HDD) сховища в одному корпусі, ще належить з'ясувати.

Зрештою, розділення ліній PCIe для підтримки сумісності із застарілими пристроями зберігання даних — це компроміс, який, хоча і дозволяє впроваджувати NVMe, має свої обмеження та витрати. Багато операцій, які в даний час задовольняються розгортанням теперішніх SAS/SATA систем зберігання даних, можуть бути пов'язані тільки з оновленням накопичувачів для забезпечення надійності та збільшення ємності. Хоча ймовірно, що U.2 сховища зберіжуться ще деякий час, конфігурації, що використовують один тип пристроїв, швидше за все, стануть звичним явищем для використання існуючих SAS/SATA ресурсів зберігання та дешевших окремих контролерів та експандерів. Аналогічним чином, для максимального збільшення продуктивності та ємності найкраще використовувати виключно NVMe твердотільні накопичувачі.

Темпи впровадження NVMe систем зберігання даних багато в чому залежатимуть від інтенсивності робочих навантажень і від того, наскільки добре вони доповнюють існуючі системи. Постачальники хмарних послуг, які інвестують у значне розгортання лише для NVMe, вже усвідомлюють переваги, оскільки величезний приріст пропускної здатності дозволяє пропонувати нові послуги, які є багаторівневими для задоволення широкого спектру потреб клієнтів.

Перегляд очікувань

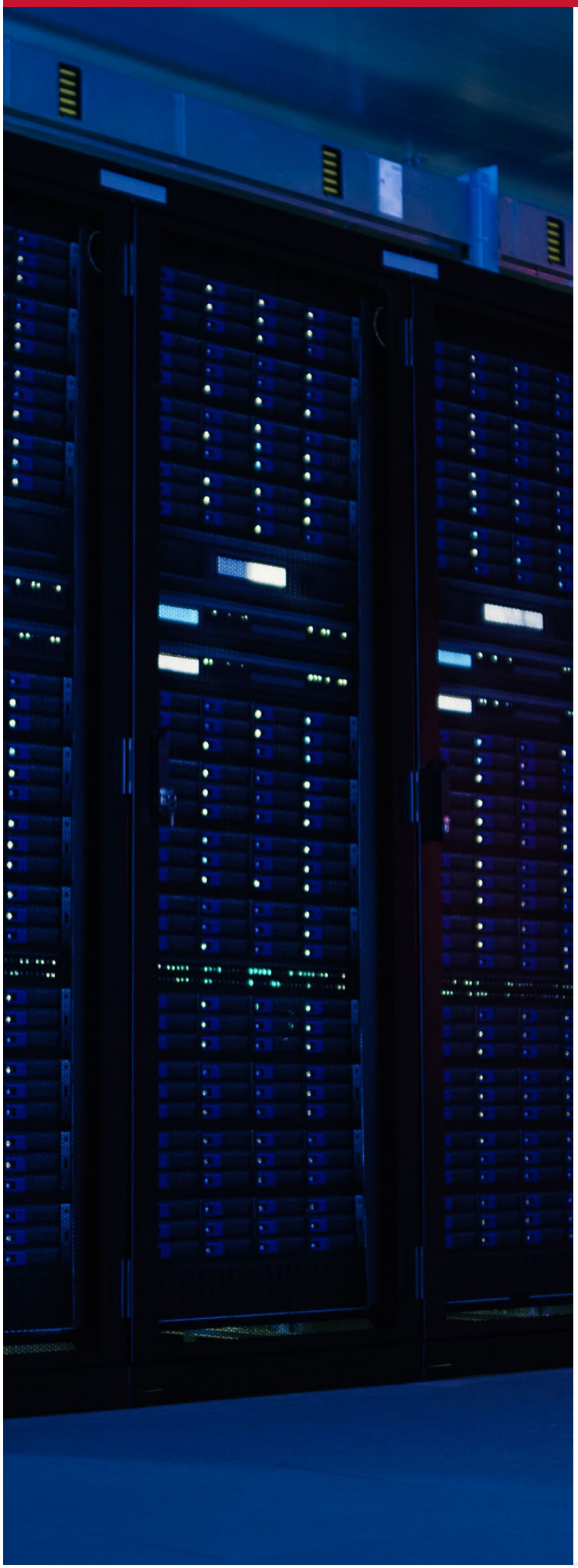
Десь посередині між крайнощами, від гнучкого хмарного провайдера з підтримкою NVMe до більш традиційного центру обробки даних, є підприємство, якому потрібні додаткові функції, підвищена ефективність і масштабованість.

Підприємство використовує NVMe, але з більш цілеспрямованим підходом – приголомшливе впровадження в міру вивчення витрат, вигод, інтеграції та оптимізації.

Недоліки системи, як-от неефективно закодовані програми, що обмежують очікувану затримку та збільшення пропускної здатності, швидко виявляються, коли кешування використовує NVMe сховище. З'являться й інші вузьки місця, які потрібно буде усунути, щоб реалізувати переваги продуктивності екосистеми PCIe/NVMe.

Це не взаємозаміна, а скоріше перехід від велосипеда на швидкісний поїзд. У цьому відношенні специфікації твердотільних накопичувачів також потребують переоцінки, оскільки угоди про рівень обслуговування можуть вимагати оперативних заходів, які не враховують, наскільки більше ви можете зробити з NVMe сховищем.

Одним із прикладів є показник кількості повних перезаписів накопичувача за день (DWPD), який використовується для визначення терміну служби флеш-накопичувача протягом гарантійного терміну. Флеш-накопичувачі страждають від так званого посилення запису, що збільшує знос твердотільного накопичувача через особливості процесу запису даних у комірки пам'яті. По суті, дані в комірки записуються безпосередньо, але комірки потрібно спочатку зтерти, перш ніж їх можна буде перезаписати, і з часом ця заплутана процедура призводить до погіршення якості зберігання. Резерв (Over-provisioning), свого роду резервна ємність твердотільного накопичувача, використовується для усунення цих проблем і виконання процедур обслуговування накопичувача, як-от збирання сміття. Цей процес перерозподілу даних для звільнення блоків пам'яті (які потім стираються під час підготовки до запису) і є основною причиною посилення запису.



Зонування

Доповненням до нещодавньої специфікації NVMe 2.0 є зоновані простори імен (ZNS), які пропонують новий підхід до процедур читання/запису NVMe SSD. Інтерфейс управління зонованими блоками розташований між хостом і твердотільним накопичувачем NVMe. Зонування має деяку схожість з розділенням диска на розділи, але на рівні хост-програми. ZNS дозволяє SSD взаємодіяти з хостом, описуючи або натякаючи на можливості продуктивності, наприклад, надаючи детальну інформацію про найкращі шаблони та макети для розміщення даних, оскільки дії запису та стирання ZNS виконуються послідовно.

Ця спільна взаємодія перекладає деякі функції управління сховищем на основну програму з тією перевагою, що вона зменшує потребу в резерві і потенційно дозволяє отримати до 20% додаткової ємності сховища. Впровадження ZNS забезпечує поліпшену затримку введення-виведення і скорочення посилення запису від 4 до 5 разів. Крім того, різним зонам можуть бути призначені певні робочі навантаження або типи даних, щоб забезпечити більш передбачувані моделі продуктивності.

Впровадження зонованих просторів імен знаходиться в зародковому стані, але ZNS вже є функцією ядра Linux 5.9. Крім того, дослідження ZNS спонсоровано Microsoft, Alibaba та NetApp – з огляду на великі гіпермасштабні операції, що свідчить про те, що впровадження ZNS у промислових масштабах — це лише питання часу.

Додатки потрібно буде оновлювати, щоб повною мірою використовувати цей набір функцій у міру його розвитку, і оскільки все більша кількість драйверів NVMe тепер підтримують ZNS, для реалізації з існуючими NVMe твердотільними накопичувачами в деяких випадках може знадобитися оновлення вбудованого програмного забезпечення.

Для системних архітекторів, які пам'ятають про вимогливі специфікації, настав час переписати набір правил про те, що насправді означає DWPD. З впровадженням ZNS значно менше посилення запису призводить до значного збільшення терміну служби накопичувача. І скільки дисків вам потрібно для цього? Завдяки значному скороченню резерву значно збільшується ємність накопичувача. Заглядаючи в майбутнє управління даними, завдяки взаємодії NVMe твердотільних накопичувачів і ZNS ви дійсно отримуєте більше за менші гроші.

Програмно-визначене сховище

NVMe пропонує широкий набір можливостей для впровадження: від M.2 накопичувачів і PCIe карт розширення до U.2 або U.3 накопичувачів . Форм-фактор нових твердотільних накопичувачів для підприємств і центрів обробки даних (EDSFF) — це ще один формат зберігання, розроблений для екосистеми NVMe, що нараховує накопичувачі двох розмірів (E.1 і E.3) в довгій і короткій конфігураціях (L і S). E.1L накопичувачі забезпечують високу щільність зберігання в 1U корпусі, водночас більш гнучкий розмір E.1S має переваги теплової ефективності, які відповідають масштабованості. E.3 накопичувачі, що постачаються як заміна 2,5-дюймових U.2 твердотільних накопичувачів, пасують для більш традиційних 2U серверів та масивів накопичувачів і призначені для розміщення більшої кількості чіпів флеш-пам'яті на накопичувачі для збільшення щільності сховища.

Звичайно, наявність NVMe як єдиного загального стандарту з підтримкою драйверів у всіх основних операційних системах робить простішою реалізацію будь-якого з перерахованих вище варіантів. Вибір буде залежати від характеристик і конфігурацій сховища, які найкращим чином відповідають робочим навантаженням і вимогам до резервування. Це може означати інтеграцію NVMe сховища на прикордонних серверах з обладнанням SAS/SATA, що полегшує менш інтенсивні операції. Резервні копії на жорсткому диску або навіть на магнітній стрічці також можуть бути частиною інфраструктури зберігання даних. При відсутності нестачі в пропрієтарних платформах для управління корпоративними сховищами організація цих розрізнених систем зберігання даних може дуже швидко ускладнитися. Саме тут вступає в гру програмно-визначене сховище (SDS), що забезпечує засоби для узгодження операцій змішаного сховища та оптимізації його використання.

В області програмно-визначеного сховища доступні ресурси сховища абстрагуються від апаратного забезпечення сховища та віртуалізуються. Використовуючи стандартні галузеві протоколи, навіть до власного обладнання можна отримати доступ за допомогою віртуалізації SDS, водночас монолітні пристрої зберігання даних не прив'язані один до одного та стають частиною більшого пулу, який також може містити нове недороге масштабоване сховище, побудоване за допомогою звичайних серверів. Це відв'язування також дозволяє уникнути збоїв під час заміни, оновленні або розширенні обладнання сховища.

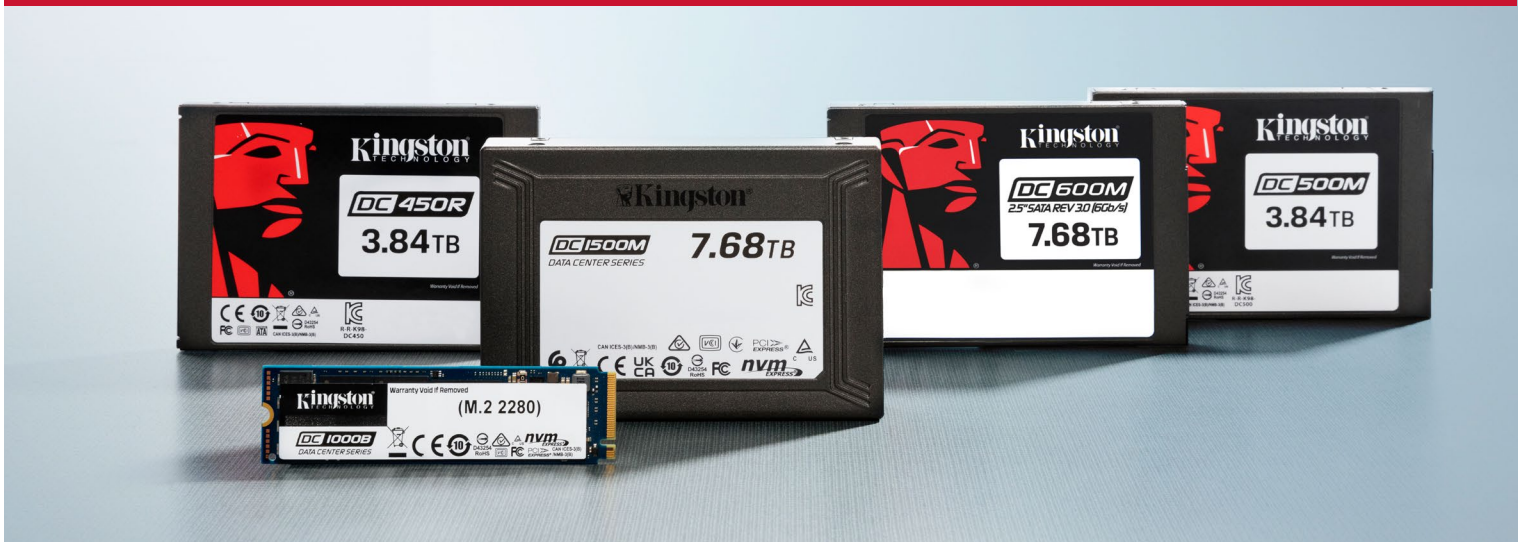
Оскільки всі доступні сховища об'єднані у віртуальні пули, необхідно буде приймати рішення щодо розподілу ресурсів, тому існує широкий спектр функцій, які допомагають у цих призначеннях, включно з автоматизацією. На інформаційній панелі SDS визначається гаряче, тепле та холодне сховища на основі профілів обладнання сховищ в різних пулах. А за допомогою скриптів можна виконувати завдання по виділенню та розподілу навантажень даних, які найкращим чином відповідають цим репозиторіям.

Завдяки своєму рівню віртуального сховища SDS забезпечує гнучкість та масштабованість; керує створенням та розгортанням середовищ зберігання, які відповідають вимогам підприємства та різним потребам клієнтів, від кешування та підготовки віртуальних машин (VM) до дзеркального відображення та реплікації.

Що стосується NVMe твердотільних накопичувачів, платформи SDS можуть отримати доступ до сховища безпосередньо через шину PCIe, використовуючи функцію, яка називається NVMe passthrough. Наприклад, VMware має власний драйвер NVMe сховища для своєї платформи ESXi/vSAN SDS, що дозволяє безпосередньо призначати NVMe сховище віртуальним машинам за допомогою функції VMDirectPath I/O. Залежно від конфігурації центрального процесора хоста на одну віртуальну машину підтримується максимум 16 наскрізних пристроїв.

Загалом, увімкнення наскрізної передачі NVMe мінімізує перешкоди з боку хоста, покращує продуктивність та полегшує налаштування твердотільних накопичувачів NVMe для екземплярів віртуальних машин та інших служб. З цією метою, незалежно від того, підтримує сторонній програмний або апаратний RAID-контролер функції NVMe RAID, стає менше проблем із SDS, оскільки він може безпосередньо налаштувати програмний RAID NVMe.

І хоча SDS потенційно може стати панацеєю від усіх проблем управління даними, його вартість і складність початкової настройки можуть змусити задуматися деякі підприємства з простішими вимогами. Але, як і саме сховище, ці витрати масштабовані, і доступні різні версії для невеликих апаратних розгортань.



Зміна темпу

Системи сховищ розвиваються, але раптові зміни трапляються нечасто, оскільки наявні активи, найімовірніше, будуть враховані стратегіями планованого застарівання. Отже, триває розробка систем зберігання даних із використанням таких технологій, як жорсткі диски та SSD-накопичувачі з інтерфейсом SATA. Вони знайшли своє місце та продовжують бути корисними в масивах зберігання даних. Наприклад, 2,5-дюймовий індустріальний SATA SSD-накопичувач DC600M для змішаних навантажень від Kingston із подвоєною ємністю до 7,68 ТБ.

Апаратний RAID і контролери залишаються домінуючими в центрах обробки даних по всьому світу, і постачальники продовжують впроваджувати інновації, щоб задовольнити вимоги IT-індустрії, що постійно збільшується.

Завдяки партнерству з Broadcom і Microchip твердотільні накопичувачі Kingston проходять ретельні випробування, щоб переконатися, що вони відповідають суворим вимогам сучасних технологій, заснованих на даних.

Використання адаптерів сховищ від провідних виробників, програми тестування, які передбачають жорсткі робочі навантаження та складні конфігурації, гарантують, що індустріальні твердотільні накопичувачі Kingston відповідають вимогам щодо продуктивності, довговічності та надійності. Безсумнівно, індустріальний U.2 NVMe PCIe Gen3x4 SSD-накопичувач DC1500M від Kingston відповідає всім цим вимогам. Завдяки ємності до 7,68 ТБ у поєднанні з ресурсом в 1 DWPD цей накопичувач особливо ідеально підходить для використання на серверах і масивах зберігання даних останнього покоління.

Незважаючи на те, що програмно-визначене сховище можна побудувати на базі стандартного обладнання, вибір твердотільного накопичувача стає ще більш важливим в масштабі. Твердотільні накопичувачі споживчого класу можуть бути привабливими з точки зору вартості, але це помилкова економія порівняно з твердотільними накопичувачами індустріального класу, які розраховані на довговічність і стійке навантаження з високою пропускною здатністю. Надання послуг з гіперконвергентної інфраструктури вимагає передбачуваності продуктивності, щоб робочі навантаження управлялися ефективно та реалізовували очікування клієнтів. Індустріальні твердотільні накопичувачі Kingston пасують для роботи з завданнями зберігання даних VMware, гарантуючи, що навіть у віртуальному світі програмно-визначених сховищ будуть досягнуті реальні цілі.

Забезпечення сховища змінюється, але темпи змін будуть змінюватися залежно від різних бізнес-моделей. На кожному рівні є вдосконалення: від підтримки застарілого інтерфейсу до інновацій NVMe. І якщо оновлення здається складним завданням, зверніться за допомогою до служби підтримки Kingston «Запитати експерта». Експерт запропонує безкоштовну допомогу у прийнятті цих життєво важливих рішень відповідно до вашого бізнесу та вашого бюджету. Отже, де б ви не опинилися на цьому шляху, Kingston з вами.

#KingstonIsWithYou

©2023 Kingston Technology Corporation 17600 Newhope Street, Fountain Valley, CA 92708 USA.
Усі торгові марки та зареєстровані торгові марки є власністю їх відповідних власників.