



徹底改變資料中心的效率

在 VMware vSAN 環境中展示 Kingston DC600M SSD 固態硬碟的優越每瓦特效能

在不斷發展的資料中心技術領域中，效率和效能是最為重要的。

本白皮書對 VMware vSAN 環境中的 Kingston DC600M SSD 固態硬碟進行深入分析，強調了一個關鍵指標：每瓦特效能。透過使用 HClBench 和 SQL tpcc 基準的嚴格測試，對 DC600M SSD 固態硬碟在傳統 vSAN 混合和全快閃 vSAN 資料儲存中的進行效能比較，旨在突顯使用 DC600M 建置的 vSAN 全快閃資料儲存的效能效率。

調查結果表明，Kingston Technology 的 DC600M SSD 固態硬碟不僅可以在高要求場景中提供優越的效能，還可以顯著降低能耗，達到成本節約和環境永續發展的雙重效益。本文旨在提供資料中心管理員、IT 專業人員和決策者全面的見解，以了解為什麼 **DC600M SSD 固態硬碟** 是現代資料中心的最佳選擇 尋求高效能與能源效率之間的平衡。

簡介

隨著資料中心持續成為企業 IT 基礎架構的支柱，尋求更有效率且高效能的儲存解決方案變得越來越重要。VMware vSAN 等超融合技術的出現，改變了儲存空間的管理方式，提供了可擴展、靈活且相對易於管理的解決方案。然而，基本儲存媒體 (SSD 固態硬碟 vs HDD 傳統硬碟) 的選擇，在決定這些系統的整體效率和效能方面發揮關鍵作用。

在這個背景下，人們關注一個新的指標：每瓦特效能。衡量儲存解決方案在每瓦特功耗下所提供的效能，成了評估資料儲存選擇的關鍵因素。這個指標不僅反映了儲存媒體處理密集型工作負載的能力，也反映了其對資料中心整體能源足跡的影響。

重點著重在 VMware vSAN 環境，本文將深入研究 DC600M SSD 固態硬碟與 vSAN 混合資料儲存的效能比較分析。Kingston DC600M SSD 固態硬碟是專為強大的企業級效能和可靠性所設計的產品，並在一系列旨在模擬真實資料中心工作負載的基準測試中進行測試。這個目標是要提供一個清晰且以資料為基礎的形象，突顯 DC600M SSD 固態硬碟在原始效能和效率方面的優越性，這為當代資料中心選擇此產品提供了一個具有說服力的論點。



Kingston DC600M 簡介



Kingston Technology 的 DC600M SSD 固態硬碟是專為需要可靠且高效能儲存的資料中心所設計。

繼 DC500M 成功之後，DC600M 是 Kingston 的第四代企業級 SATA SSD 固態硬碟產品。其以企業為中心的韌體的設

計初衷是維持企業工作負載的高效能、低延遲和可預測的一致性，符合嚴格的服務品質 (QoS) 要求，並包含複雜的 ECC 演算法，以確保企業工作負載在硬碟整個生命週期內的可靠性。

其設計初衷是在斷電時提供恢復能力，透過板載斷電保護 (PLP) 來保護資料完整性。DC600M 的儲存容量高達 7.68TB，是專為提供一致的延遲和 IOPS 所設計，使其成為大儲存容量機架式伺服器與要求嚴苛資料環境的理想選擇。本硬碟尤其適合尋求平衡效能與耐用性的系統整合商、超大規模資料中心和雲端服務供應商。

Kingston DC600M SSD 固態硬碟自豪於在市場上佔有一席之地 [VMware ESXi 相容性列表](#)，直至最新的 vSAN 8.0 Update 2。這項認可證明了 Kingston 致力於提供滿足尖端虛擬化環境嚴格要求的企業級 SSD 解決方案。

SATA/SAS/HYBRID 測試環境 (硬體)	SATA 測試環境 (作業系統和軟體)
PowerEdge Dell R740xD 3 節點叢集，支援 8 個 2.5 吋 NVMe 和 16 個 2.5 吋 SATA/SAS 硬碟槽/伺服器	Hypervisor：VMware ESXi, 7.0.3, 20036589
Intel(R) Xeon(R) Silver 4114 CPU (10c/20t) @ 2.20GHz X 8	vSAN 7U3f (VMware ESXi, 7.0.3, 20036589 + VMware VirtualCenter 7.0.3 build-20150588)
768 GB 24x32GB Kingston DDR4 Dual Rank ECC 記憶體 @ 2400MHz/節點、2304GB/叢集	Guest 作業系統：Windows Server 2019 Datacenter, v1809
2 個 Cisco nexus N5K-C5010 20 埠 10GB 資料中心級網路交換器，供 vSAN 網路流量使用	Microsoft SQL Server 2017 (RTM) - 14.0.1000.169 (X64)
PERC H740P 配置為 HBA 直通模式	HammerDB-v3.2
	HCIBench 2.5.3

圖1.1 測試時所使用的硬體和軟體環境

圖 1.1 顯示本文進行的測試中所使用的硬體和軟體。此測試是在精心配置的硬體和軟體生態系統中所進行，此生態系統是專門設計來挑戰和評估 Kingston DC600M SSD 固態硬碟的效能。硬體基礎為 Dell PowerEdge R740xD 3 節點叢集，每個節點均配備 Intel® Xeon® Silver 4114 CPU，並具備 768GB Kingston Dual Rank ECC 記憶體，叢集的總容量達到 2304GB。

網路連線透過雙 Cisco Nexus N5K-C5010 交換器進行管理，確保無縫的 vSAN 網路流量。測試是在 vSAN 7U3f (VMware ESXi, 7.0.3, 20036589 + VMware VirtualCenter 7.0.3 build-20150588) 上所進行。在客戶作業系統方面，採用 Windows Server 2019 Datacenter 作為作業平台，以 Microsoft SQL Server 2017 處理資料庫進行操作。使用 HammerDB 和 HCIBench 進行效能基準測試，對測試中的 SSD 固態硬碟進行全面且嚴格的評估。

使用每個磁碟組容量相同的三個實體硬碟作為 SATA SSD 固態硬碟和混合測試。對於混合層級測試，每台伺服器使用兩個 Dell 品牌的 Seagate Exos 10k RPM 1.2 TB SAS 硬碟 (ST1200MM0099) 作為 vSAN 儲存容量層，並使用 1 個 DC600M 960GB 作為 vSAN 快取層。

對於 SATA SSD 固態硬碟全快閃 vSAN 測試，使用 3 個 Kingston DC600M 960GB (測試 2) 和 3 個 Kingston DC600M 3840GB 硬碟 (測試 1 和 3)，其中 1 個硬碟用於 vSAN 快取層，2 個硬碟用於儲存容量層。

本文進行的整個測試中均使用 vSAN 預設儲存策略。vSAN 預設儲存策略是套用於從 vSAN 資料儲存佈建的虛擬機器的標準策略，透過可容忍單一故障 (主機、磁碟或網路) 的 RAID-1 映像配置來確保資料彈性。這使用精簡配置來最佳化空間利用率，並且不對物件設定特定的 IOPS 限制，從而實現靈活的效能。此策略不保留快閃記憶體讀取快取 (儘管這對於混合層來說可行)，確保所有資料都可以根據需要使用全快閃效能，並透過校驗來保持資料完整性，同時避免強制配置，以確保僅在資源充足時才進行儲存分配。

對於本文中後述的測試，則使用 Dell 的 srvadmin v11.0.0 軟體包中所包含的 racadm 工具 (srvadmin-idracadm8)，透過 IPMI 頻外存取 ssh 連接，從每個 vSAN 節點收集電源遙測資料。

對於這些資料庫測試，我們使用 SQL server 2017 的 Server 2019 Guest VM，以及佈建在 vSAN 資料儲存中用於資料、日誌和備份的一個獨立 VMDK。Hammer DB 是一款免費的開源資料庫負載測試應用程式，用於針對 OLTP 應用系統執行 TPCC 基準測試，並用於針對資料分析工作負載執行 TPC-H 基準測試。在本文的所有各種測試中，此處選擇 TPCC 基準測試規範，來模擬 OLTP 事件工作負載，並確保測試結果的一致性、可重複性和可靠性。

測試 1：原始儲存子系統效能評估 - HClBench

為了評估 I/O 子系統的原始效能，而使用 VMware 建議的 vSAN 資料儲存基準測試工具 - [HClBench v2.5.3](#)。此自動化工具包能夠部署多個虛擬機器到 vSAN 叢集中的所有主機上，同時使用 vdbench 在所有訪客虛擬機器上並行執行特定的工作負載。顯示在 DC600M 4TB vSAN 資料儲存上使用 6 個虛擬機器 (2 個虛擬機器/主機) 的執行結果。

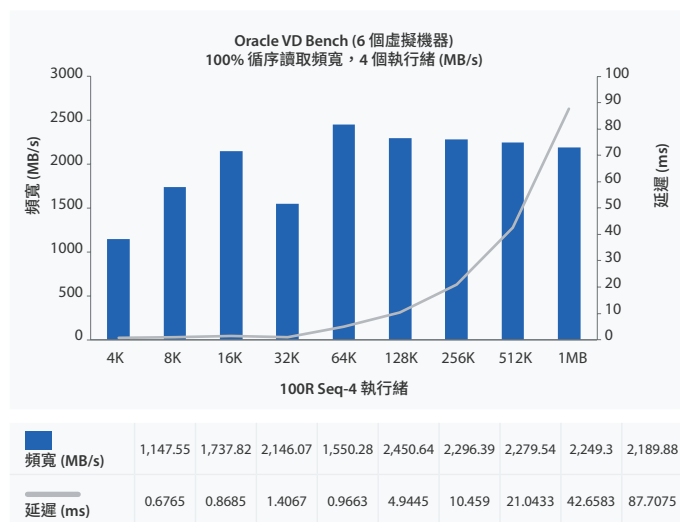


圖 1.2 循序讀取效能, Kingston DC600M 3840G 9 硬碟 vSAN 資料儲存。

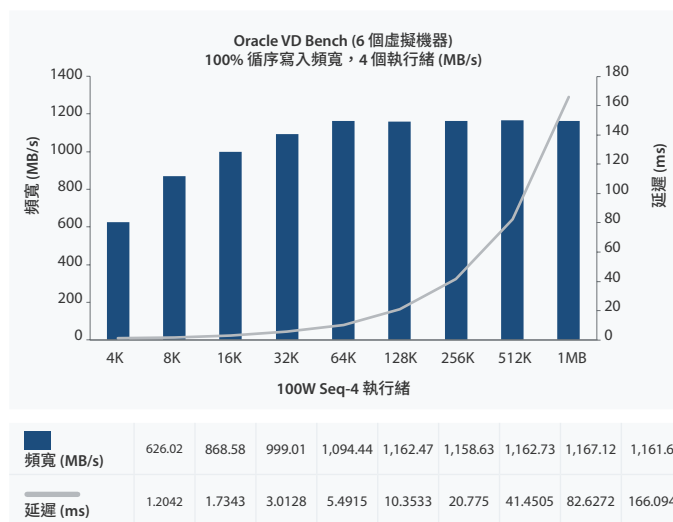


圖 1.3 循序寫入效能, Kingston DC600M 3840G 9 硬碟 vSAN 資料儲存。

在循序資料傳輸量測試中，9 個硬碟 4TB DC600M vSAN 陣列達到了 2.468GB/s 讀取頻寬的強勁峰值，同時將每個 I/O 延遲維持在 5 毫秒以下。而資料寫入方面，峰值達到 1.16GB/s，延遲保持在 10 毫秒以下。隨著 I/O 區塊大小的增加，可觀察到延遲隨之增加，鑑於較高的資料傳輸速率，這與預期相符。值得注意的是，並沒有出現明顯的尾部延遲峰值，這凸顯了 DC600M 出色的 QoS 和韌體最佳化，以及增強其高效處理大規模資料傳輸的能力。



圖 1.4 隨機讀取效能, Kingston DC600M 3840G 9 硬碟 vSAN 資料儲存。



圖 1.5 隨機寫入效能, Kingston DC600M 3840G 9 硬碟 vSAN 資料儲存。

在隨機讀取 IOPS 基準測試中，DC600M SSD 固態硬碟在 4K 時達到了 289,176 IOPS 的峰值，延遲僅為 0.68 毫秒。隨機寫入測試顯示 4K 時具有 103,247 IOPS 的強勁效能，而延遲小於 2 毫秒。

在混合工作負載場景中，結合 30% 寫入和 70% 讀取操作，SSD 固態硬碟令人印象深刻地擴展到 215,660 IOPS，同時保持亞毫秒延遲，展現出其高效能和響應能力。

稍後我們將看到，這種原始效能與增強後的可處理事件能力應用直接相關的方式，確保資料庫環境中的快速處理，並在不影響回應時間的情況下支援大量的並行事件。

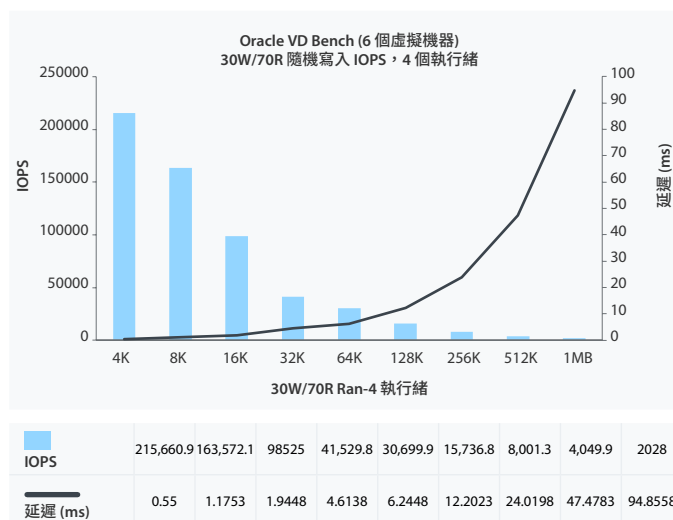


圖 1.6 隨機混合 (70R/30W) 效能，Kingston DC600M 3840G 9 硬碟 vSAN 資料儲存。

測試 2：SQL TPCC 效能、DC600M 全快閃記憶體和混合

測試 2 的目標是在 VMware vSAN 上進行長時間 I/O 限制壓力測試時，取得 TPCC 基準預期效能等級的基準，其中使用 DC600M 960GB 配置的全快閃資料存放區、DC600M 960GB 配置的混合資料存放區，以及 1.2 TB 10K RPM 硬碟。

建立具有 2000 個資料倉儲的架構，使得 TPCC 資料庫的大小為 157 GB。每個 SQL Server VM 使用 40 個虛擬核心來分配足夠的 CPU 資源，使事件傳輸量達到飽和，但僅分配 32 GB RAM 來限制測試 I/O。調整虛擬使用者的序列，從 1 個虛擬使用者擴展到 512 個虛擬使用者，並讓每個虛擬使用者長時間執行 (10 分鐘啟動時間和 20 分鐘的使用者序列時間)。這使我們能在整體測試執行期間內收集磁碟延遲指標數據。

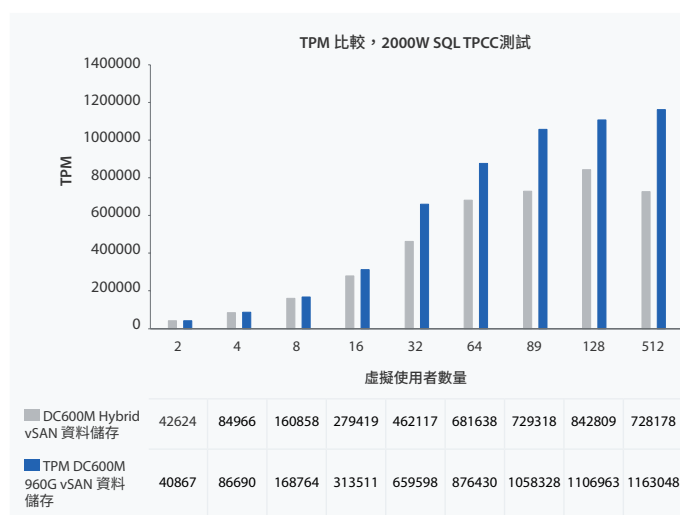


圖 2.1 DC600M vSAN 全快閃與混合每分鐘可處理事件自動增加測試 (1-512 個使用者)

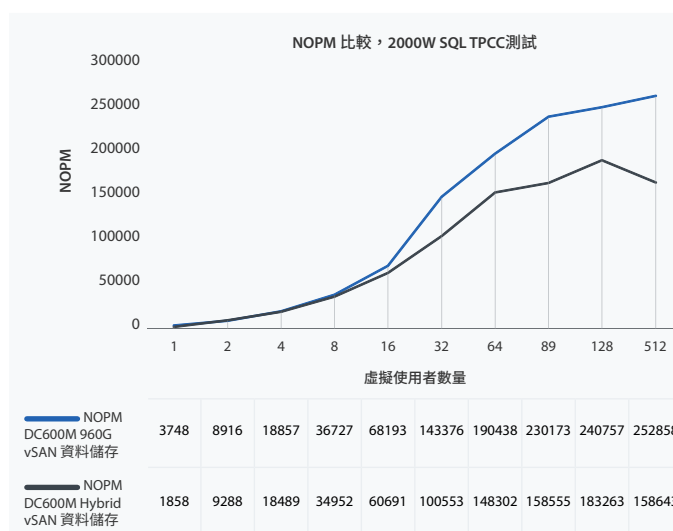


圖 2.2 DC600M vSAN 全快閃與混合每分鐘可處理指令自動增加測試 (1-512 個使用者)

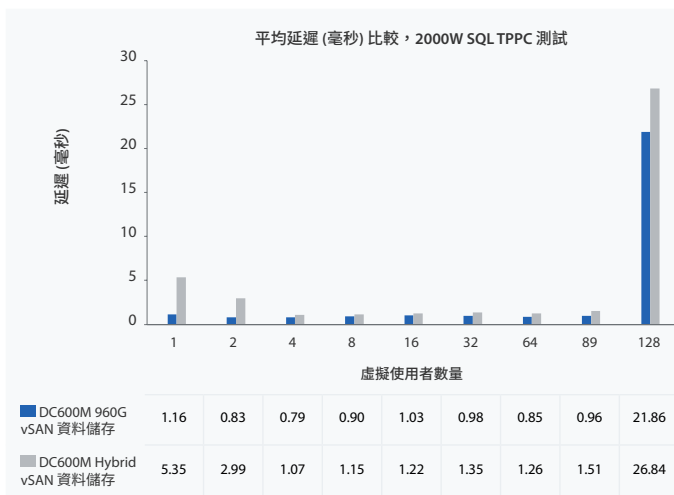


圖 2.3 DC600M vSAN 全快閃與混合平均延遲 (毫秒) 自動增加測試 (1-512 個使用者)

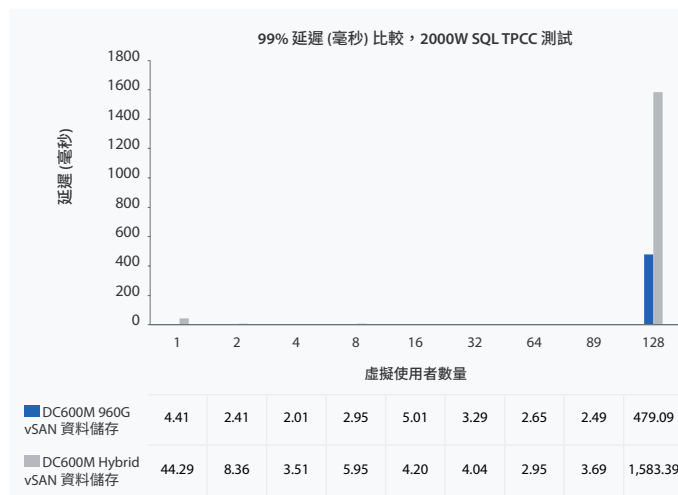


圖 2.4 DC600M vSAN 全快閃與混合 99% 延遲自動增加測試 (1-512 個使用者)

圖 2.1 至 2.4 顯示在 SQL TPC-C 基準下對 DC600M vSAN 混合資料儲存和全快閃資料儲存進行詳細的效能比較，特別著重於 TPM (每分鐘可處理的事件數量)、NOPM (每分鐘可處理的新指令數量)、平均延遲和不同數量的虛擬使用者之間的第 99 個百分位數的延遲。

在 TPM 比較中，全快閃資料儲存在事件資料傳輸量方面表現出顯著的領先優勢，隨著虛擬使用者數量的增加，全快閃資料儲存的表現一直優於混合資料儲存，在 512 個虛擬使用者時，達到 1.16M TPM 的峰值和每分鐘 252,858 個可處理事件數量。

相較之下，混合 vSAN 資料儲存可在 128 個虛擬使用者的情況下擴展到峰值 842,809 TPM 和每分鐘 183,263 個可處理事件數量。此一趨勢凸顯出 DC600M 全快閃 vSAN 資料儲存的卓越可擴展性，以及隨著使用者數量的增加，可增加可處理事件數量。在工作環境中，當您有 89 個使用者同時傳送事件到資料庫，如果您是從 vSAN 混合基礎架構升級到 DC600M 全快閃，則每個使用者能增加 145% 的事件處理能力，就等於轉化成每分鐘可處理更多的指令數量 (圖 2.2)。

延遲指標提供了對系統效能的額外見解。所有使用者數量的全快閃資料儲存的平均延遲仍然較低，這表示系統不僅可更快地處理事務，且回應時間也更快。這對於時間敏感的事務應用程式尤其重要，因為即便是很小的延遲也會產生重大影響。

第 99 個百分位數的延遲比較表示，在具有 128 個虛擬使用者的最高壓力下，全快閃資料儲存可保持較低的延遲，而混合資料儲存的延遲則大幅增加。這表示全快閃配置不僅能提供更好的平均效能，也能提供更高的一致性，確保即使是最慢的可處理事件也能及時完成。

整體而言，這些結果證明了 DC600M 建構的全快閃 vSAN 資料儲存在處理 OLTP 工作負載需求方面的實際優勢，並展示了即便虛擬使用者數量不斷增加，也能以低延遲達到更高的可處理事件數量。這種效能差異強調出全快閃資料儲存對於效率和速度至關重要的環境適用性。

測試 3：SQL TPCC 壓力測試、DC600M 全快閃和混合電源遙測和插槽追蹤

在測試 3 中，評估了 vSAN 混合資料儲存與全快閃資料儲存的效能效率，得出了用於此評估的新指標 - 平均每瓦特功耗的指令數。

此測試中，使用配置 9 個 DC600M 3840GB 的全快閃 vSAN 資料儲存和配置 1 個 DC600M 960GB 與 2 個 1.2TB 10K RPM 硬碟的混合資料儲存。

使用 2,000W 資料庫進行綜合測試，使用者數量設定為 89 個，進行 2 小時的固定持續時間，其中包括 20 分鐘的啟動時間。每個 vSAN 節點的即時功耗 (以瓦為單位) 均受到仔細監控。為實現此目的，採用 Dell srvadmin 版本 11.0.0 軟體包中所包含的 racadm 命令列工具 (srvadmin-idracadm8)，透過 IPMI 頻外存取 SSH 連接。

同時，利用 dpmstat (H740P RAID 控制器原有的進階追蹤功能) 來準確記錄讀取和寫入的總 GB 數以及每個插槽的最大延遲。這樣可以分析全快閃和混合 vSAN 資料儲存的效能模式，進而提供快取和容量層級上資料傳輸量和延遲的相關詳細見解。

此外，為了擷取磁碟延遲和資料傳輸處理量指標，採用了 PowerShell 的 Get-Counter 中提供的內建效能計數器。這可以提供系統效能的詳細視圖，故可仔細評估並比較正在測試的儲存解決方案效率。

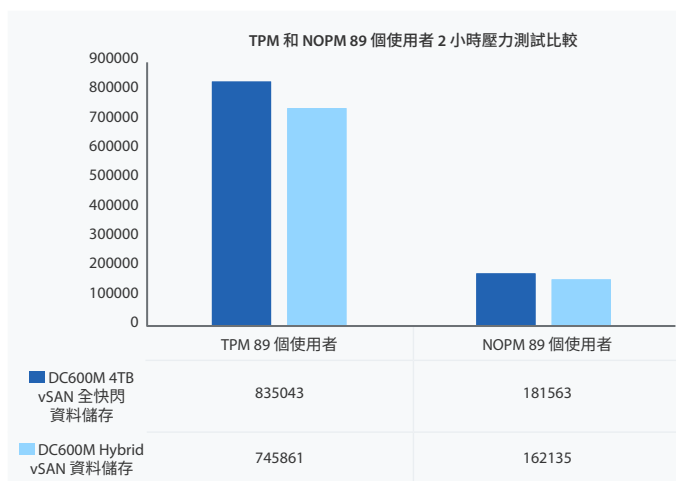


圖 3.1 TPM 和 NOPM 壓力測試 89 個使用者，全快閃和混合 DC600M vSAN 資料儲存

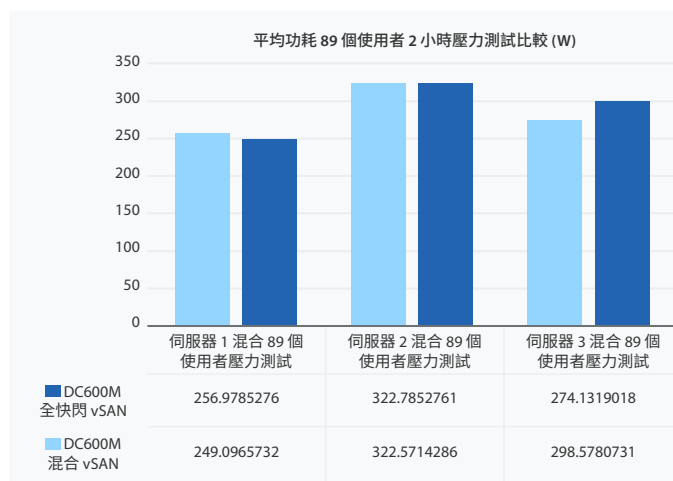


圖 3.2 平均功耗 89 個使用者壓力測試混合 vs 全快閃 vSAN DS

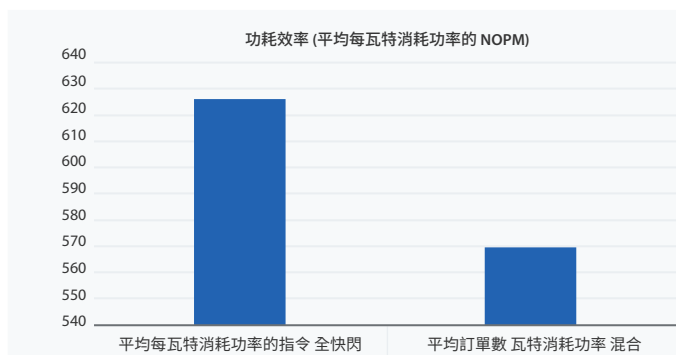


圖 3.3 功耗效率 89 個使用者壓力測試混合 vs 全快閃 DC600M vSAN DS

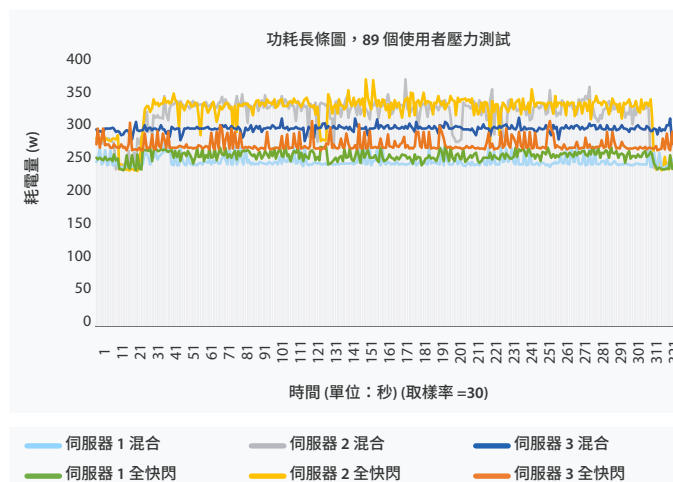


圖 3.4 89 個使用者壓力測試混合 vs 全快閃 vSAN DS 的功耗直方圖

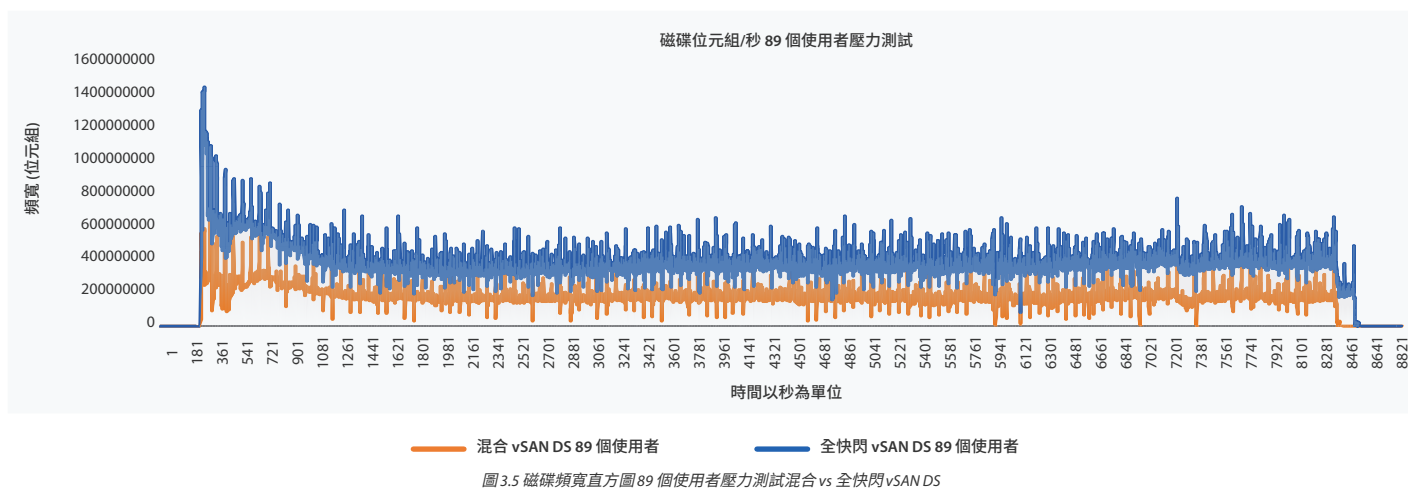


圖 3.5 磁碟頻寬直方圖 89 個使用者壓力測試混合 vs 全快閃 vSAN DS

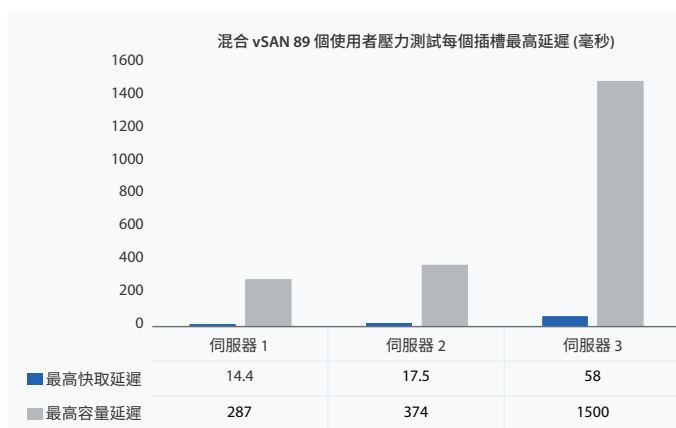


圖 3.6 DPMstat 最高 LCT 延遲 (毫秒) 89 個使用者壓力測試混合

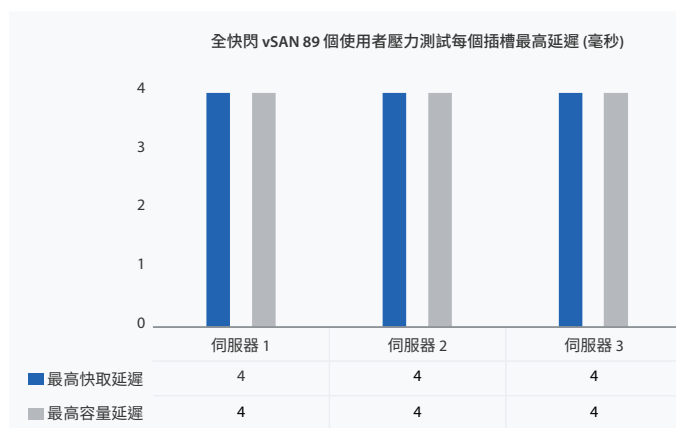


圖 3.7 DPMstat 最高 LCT 延遲 (毫秒) 89 個使用者壓力測試全快閃 vSAN DS

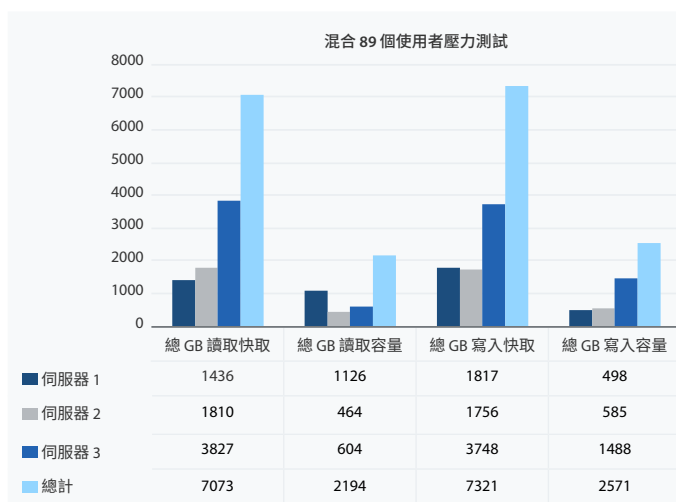


圖 3.8 DPMstat GB 讀取和寫入快取/容量混合 vSAN DS

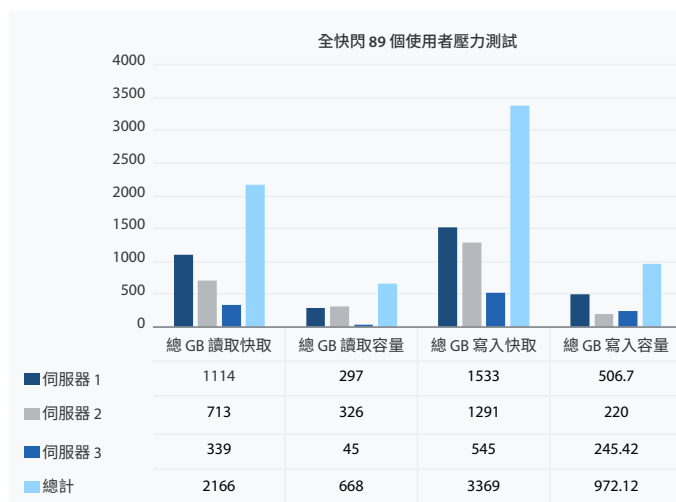


圖 3.9 DPMstat GB 讀取和寫入快取/容量全快閃 vSAN DS

圖 3.1-3.8 重點顯示全快閃 vSAN 和混合 vSAN 資料儲存的功耗效率測試結果。消耗的每瓦功率可以帶來多少效能？此問題的答案為：採用一個用於推導功耗效率差異的簡單方程式：

$$\text{PPW} = (\text{達成的 NOPM}) / (\text{所有 3 個伺服器消耗的平均功耗})$$

$$\Delta \text{功耗效率} = \Delta \text{PPW} \%$$

圖 3.3 中重點顯示測試 3 的 PPW。全快閃 vSAN 資料儲存可實現每瓦 625 個指令，而混合資料儲存可實現每瓦 569 個指令，功耗效率增益約 10%。

使用更準確的經驗方法來確認 vSAN 全快閃資料儲存的功耗效率。首先，使用圖 3.5 所示的 Windows 效能監視器來收集整個測試流程中磁碟頻寬指標與時間的關係。然後，使用 dpmstat 追蹤工具來確認快取和容量層級讀取和寫入的 GB 量，以及任一場景中快取和容量層級達到的最高延遲。

圖 3.5 的頻寬直方圖顯示全快閃 vSAN 資料儲存在提供更高資料傳輸量上有明顯效能優勢，在整個測試流程中提高了 40%。混合 vSAN 資料儲存顯示出更多的可變效能和顯著的峰值，這可能是源於必須從 HDD 傳統硬碟容量層級檢索資料的快取記憶體錯失。相較之下，全快閃 vSAN 提供了更一致且更高的基準效能，強調其處理來自快取和容量層級的讀取能力。

圖 3.8 和圖 3.9 顯示在 89 個使用者壓力測試期間，根據 dpmstat EXT 日誌中的資料，從混合和全快閃 vSAN 資料儲存中的快取和容量層級讀取和寫入的總 GB 數。混合 vSAN

配置利用 SSD 固態硬碟進行快取，利用 HDD 傳統硬碟提供儲存容量，尤其是在伺服器 3 上，在快取層級中的 GB 讀寫量顯著增加。這表示快取利用率很高，可加快讀寫作業，這是以 SSD 固態硬碟快取充當效能緩衝區的混合設定情況。此緩衝區透過在資料傳輸到較慢的 HDD 傳統硬碟容量層級之前，暫時儲存資料，來減少延遲。

混合 vSAN 會經歷顯著的讀取-修改-寫入負擔過大，這是在將資料寫回容量層級之前，將資料提取到快取中進行修改的過程所必需經歷的事。由於 HDD 傳統硬碟的機械特性，這可能是一項耗時的任務。如圖 3.6 所示，這些是容量層級 dpmstat LCT 日誌中的峰值。

相較之下，全快閃 vSAN 資料儲存在所有伺服器的快取層級中表現出較低的總 GB 讀取和寫入量，且延遲一致 (圖 3.7)，這表示快取使用更加簡化，這歸功於用於快取和儲存容量的 swift DC600M SSD 固態硬碟。這種效率提升是因為全快閃儲存可更有效地管理就地讀取，無需進行搶佔式讀取操作並繞過讀取的快取層級，因此消除了對混合設定帶來負擔的讀取-修改-寫入周期。

在混合 vSAN 中，系統將頻繁存取的資料提升到快取層級，以便快速檢索，同時將不經常存取的資料降級到容量層級。然而，HDD 傳統硬碟的機械延遲會在升級和降級操作期間帶來效能耗損。相較之下，全快閃 vSAN 資料儲存利用兩層快閃記憶體儲存一致的高 I/O 功能，盡可能降低資料移動的必要性。因此，全快閃資料儲存透過降低與快取層操作相關的複雜性，特別是在使用者時常並行操作的情況下，可簡化儲存管理，進而產生更可預測的效能配置文件。

總結

總之，本研究中所提供的證據強調出全快閃 vSAN 資料儲存中 DC600M SSD 的複雜效能。其提供速度、彈性、一致性和功耗效率，這些在當今以資料為中心的環境中十分重要。對於優先考慮無縫作業和強大資料處理的組織來說，這些 SSD 固態硬碟能提供令人信服的主張，具備耐用性和效能效率的平衡配置。

這不僅是直接提升資料傳輸量和減少延遲，而是關於您基礎設施的長期願景。隨著資料需求的成長和發展，儲存解決方案的適應性和向下相容性變得十分重要。DC600M SSD 固態硬碟正是在此背景下脫穎而出，其提供的平台不僅滿足目前基準，還能預測未來需求。

為您的資料儲存選擇正確的零組件是一項策略決策，與您的組織營運支柱相呼應。借助 DC600M SSD 固態硬碟，這項決定讓未來資料不再是障礙，而是成長和創新的催化劑。

請考量本分析，以及將 DC600M SSD 固態硬碟整合到全快閃 vSAN 中的方式，讓您在一個要求極高的時代中達成效率、可靠性和準備就緒的目標。

請造訪我們的網站，了解有關 Kingston 的 [資料中心解決方案](#)。如果您有專案需要協助，[諮詢專家](#) 我們的團隊將隨時指導並協助您實現目標。



#KingstonIsWithYou

©2024 Kingston Technology Far East Corp. (Asia Headquarters), No. 1-5, Li-Hsin Rd. 1, Science Park, Hsin Chu, Taiwan。版權所有，保留所有權利。所有商標及註冊商標係屬於各自所有者之智慧財產權。

 **Kingston**
TECHNOLOGY