



使用 Kingston DC1500M 企業級 NVMe SSD 固態硬碟和 VMware vSAN HCI，來降低整體擁有成本 (TCO)，並建構彈性、反應快速的資料庫

寫作者：Hazem Awadallah，Kingston Technology 系統工程師

審閱者：Chris Selden，Kingston Technology SSD 產品工程經理



內容

- [執行摘要](#)
- [RDBMS \(關聯式資料庫\) 的基礎架構對資料中心的常見挑戰](#)
- [解決方案：隆重推出 Kingston Technology 資料中心 DC1500M 企業級 NVMe SSD 固態硬碟](#)
- [測試環境](#)
 - [I. 基礎架構](#)
 - [II. 資料庫配置](#)
 - [III. vSAN 儲存效能](#)
- [測試結果](#)
 - [測試 1：DC1500M 960GB - SQL Server 2017 - vSAN 虛擬機器 - 不同容量的 DRAM](#)
 - [測試 1 結果：DC1500M 960GB - SQL Server 2017 - vSAN 虛擬機器 - 不同容量的 DRAM](#)
 - [測試 2：比較 Kingston DC500M SATA SSD 固態硬碟、美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區上 SQL Server 2017 的效能](#)
 - [測試 2 結果：比較 Kingston DC500M SATA SSD 固態硬碟、美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區上 SQL Server 2017 的效能](#)
 - [測試 3：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 資料存放區上 SQL Server 2017 的效能比較 - 資料庫 schema 較大且測試時間較長](#)
 - [測試 3 結果：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 資料存放區上 SQL Server 2017 的效能比較 - 資料庫 schema 較大且測試時間較長](#)
 - [測試 4：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 上 SQL Server 2017 的效能比較 - 備份和還原效能](#)
 - [測試 4：結果：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 上 SQL Server 2017 的效能比較 - 備份和還原效能](#)
 - [測試 5：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 上 SQL Server 2017 的效能比較 - 擾鄰 \(Noisy Neighbor\) 測試](#)
 - [測試 5 結果：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 上 SQL Server 2017 的效能比較 - 擾鄰 \(Noisy Neighbor\) 測試](#)
- [總結](#)

執行摘要

近年來，NVMe 充分利用 PCIe 的低成本、高頻寬、符合未來發展匯流排規格等特色功能以最大化 NAND flash 的效能，一推出即徹底改變資料儲存環境。目前規格來到第 5 代，PCIe Gen5 允許每個通道最高 8GB/s 的傳輸速率，消除儲存堆疊的匯流排擴展瓶頸，在 SSD 控制器和 NAND 快閃技術、甚至整體硬體堆疊技術上，取得大幅度的創新與發展。處理器、機架設計、主機板和硬體 IO 拓撲等也持續演進，使得頻寬得以提升。資料中心的網路拓撲正在進行大規模轉變，以搭配 NVMe 的特點；NVMe-OF 協定、網路介面、網路交換器和傳輸協定也持續變化及演進，以提升頻寬並同時維持服務品質 (QoS) 和無漏失封包傳輸。

但 NVMe 的推出對於應用系統效能有何影響？您能否在提升處理能力且縮短反應時間的同時，減少儲存空間？我們能否大幅降低資料庫備份時間，以緩解擾鄰問題，並在生產環境中使其影響降到最低？在本文中，我們試圖檢測由 TPCC 基準所定義的典型 OLTP 系統負載，並提供一些實際比較例子，來說明 NVMe 在實際環境中對事件效能的影響，以及回答這些問題。

RDBMS (關聯式資料庫) 的基礎架構對資料中心的常見挑戰

成本、容量規劃和可擴展性

過去二十年來，網際網路頻寬、處理速度和資料分析熱潮顯著成長，OLTP 資料庫也正在快速發展中，且經常比應用系統和基礎架構師的規劃還要快得多。基礎儲存空間和網路架構必須從頭開始建構，以適應隨時間逐漸增加的需求，並且在成本、易於管理和效能之間提供良好的平衡。選擇在本地端資料中心建構應用系統，還是使用 IaaS/PaaS 雲端服務，成為一個設計難題。在本地端資料中心執行應用系統，可以讓解決方案架構師完全掌控可擴展性、安全性、彈性和效能，但需要精細的規劃，而且有時需要付出高昂的前期成本。使用 IaaS/PaaS 雲端服務可加快部署速度並簡化可擴展性，但對於效能和彈性的可控制度較低，而且成本會隨著應用系統的擴展而迅速增加。有些組織更喜歡混合配置的方式，較重要的第一層應用系統留在本地端資料中心，而第二層應用系統則遷移到雲端。對於保留在本地端的應用系統，具備全快閃磁碟群組的 VMware vSAN 等超融合基礎架構，能在成本、簡易性、效能和易於擴展性之間提供良好的平衡。

彈性

第一層應用系統必須建構在或遷移到能夠在整體硬體堆疊中承受多個硬體故障問題的基礎架構中。如果規劃不正確，資料中心的設備故障可能會因服務中斷或在最壞情況下，導致永久性的資料損失，進而導致重大的金錢損失。在共享儲存環境中，必須進行仔細規劃，確保所建構的基礎架構能承受儲存故障和組件效能超載。

舉例來說，對於 vSAN，第一層應用系統的可容許故障次數 (FTT) 應為 1 並同時啟用高可用性 (vSphere High Availability, HA) 來確保應用系統和資料庫 VM 在一台電腦、網路或儲存裝置發生故障時能有所防護。此外，可啟用 vSphere 分散式資源調度 (Distributed Resource Scheduler, DRS) 在叢集的實體伺服器中針對 CPU/記憶體資源執行負載平衡。

各種效能期望

因 OLTP 系統不斷地擴增，需要更高的工作處理速度和更低的延遲，故越來越多的使用者將工作負載放在後端資料庫中。應用系統架構師規劃出的儲存基礎架構，必須能適應並支援這類增加需求，且具有能在不同儲存層之間遷移的靈活性。例如，可以將 SQL 資料庫從所在的 SAN 儲存陣列上的虛擬磁碟，遷移到具備更快速儲存層的全快閃 vSAN 資料存放區，例如使用 VMware 儲存 Vmotion 的 NVMe。

擾鄰的困境

設計出允許關鍵工作負載擁有執行資源所需的基礎機構固然重要，但在具有多數個工作負載的共享儲存環境中，效能表現可能會變得無法預測，異常的工作負載可能會導致關鍵的工作負載出現問題，這就是「擾鄰」問題的定義。如本文後段我們所見的其中一個實例，在一台伺服器上執行計畫外的資料庫備份作業，會消耗儲存和網路資源，並且影響使用相同資源的其他伺服器效能和延遲。

Kingston DC1500M 企業級 NVMe SSD 固態硬碟簡介

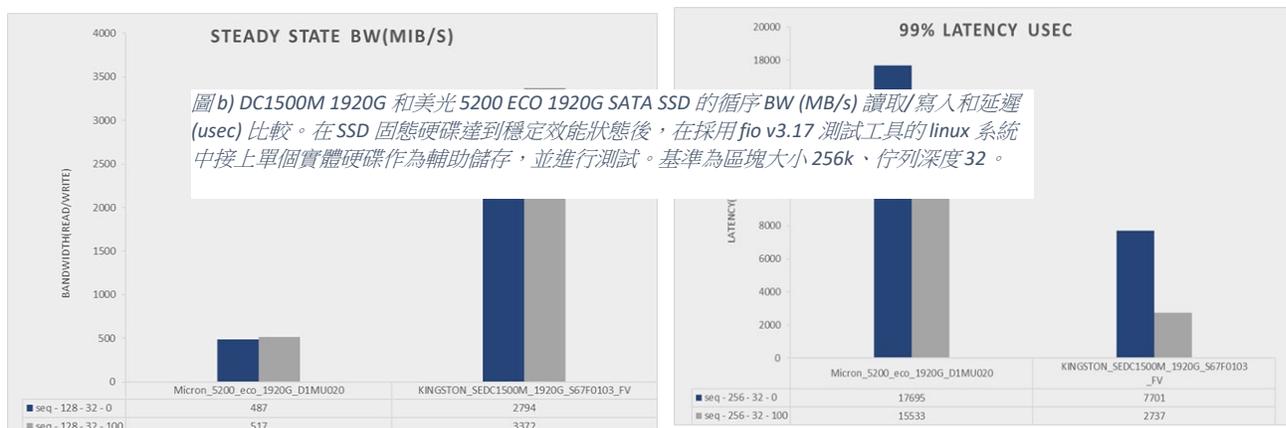
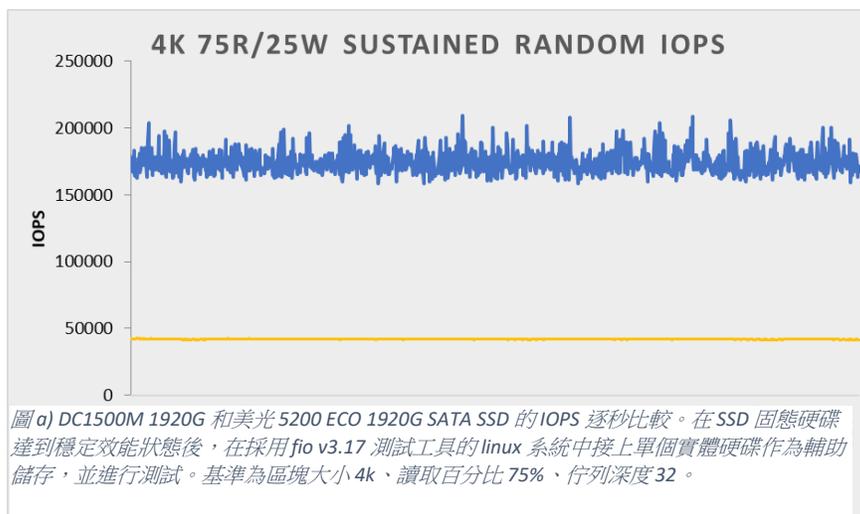
DC1500M 是 Kingston 最新推出的企業級 U.2 PCIe 3.0x4 NVMe 產品，提供 960GB 至 7680G 的儲存容量選擇。產品配備 16 通道控制器和 3D TLC NAND，設計符合嚴格的 QoS 需求，確保企業工作負載能保持一致性和持續高效能，並同時保持最低延遲。以企業為核心的韌體支援特點如超額佈建、多個命名空間 (支援最多 64 個命名空間)，以及更複雜的 ECC 演算法，確保硬碟在整體使用壽命內面對企業工作負載的可靠性。

SATA SSD 固態硬碟仍是資料中心最流行使用的 SSD 固態硬碟，而在本文中，我們主要會說明在企業級 NVMe SSD 固態硬碟 (如 Kingston DC1500M NVMe) 上遷移或建構儲存基礎架構時，有助於改善前述所提到的一些問題。

在我們的內部測試中，與單個美光 5200 ECO 企業級 SATA SSD 固態硬碟相比，單個 Kingston DC1500M NVMe SSD 固態硬碟可提供高達 6.5 倍的處理能力，以及 5.6 倍的延遲改善，成本和效能相差極大。

將超融合環境中的這種效能轉化成 SQL 伺服器資料庫更高的事件處理能力和更低的延遲，還能達到更低的儲存空間和更低的耗電量。在此例中，您需要 6 個美光 5200 ECO 固態硬碟，才能達到單個 DC1500M 固態硬碟的處理能力。我們稍後會看到將這種效能應用到 VMware vSAN 上實際 SQL OLTP 工作負載的方法。

與 SATA SSD 固態硬碟相比，NVMe SSD 固態硬碟 (如 DC1500M) 的效能顯著提升，意味著使用 NVMe SSD 固態硬碟，有助於在共享超融合環境中降低第一層應用系統中擾鄰問題的影響。像 DC1500M 這樣的企業級 NVMe SSD 固態硬碟，能完成預期外的的工作負載，例如在生產期間內以更快的速度執行備份/還原作業，同時第一層任務型關鍵生產工作負載仍可保持低延遲和高速處理能力。詳細說明可參考本文後段的擾鄰測試內容。



測試環境

1. 基礎架構

我們的測試環境如下圖 1.1 和 1.2 所示。我們選擇 VMware vSAN 為 HCI，因為它是超融合虛擬化環境中可高度擴展、高彈性、集中且高成本效益的儲存選擇。

VMware vSAN 允許使用者將本地儲存裝置從多個伺服器彙總到單個資料存放區，並在 vSAN 叢集中的所有主機之間共享。每個伺服器的實體磁碟被放入磁碟群組中，其中一個硬碟/磁碟作為快取用裝置，最多 7 個硬碟/磁碟則作為儲存容量裝置。一個伺服器最多有 5 個磁碟群組，因此最多就有 35 個儲存容量裝置/伺服器在 vSAN 叢集中運行。將 vSAN 叢集中所有 ESXi 主機的磁碟群組組合起來建立出的 vSAN 資料存放區，透過 vSAN 的專用網路 (要求速度 10Gbps+ 的快閃 vSAN)，隔離主機和 vSAN 資料存放區之間的流量。這允許管理員從較小的儲存空間使用量開始，根據需要增加儲存節點以擴展容量 (最多 64 個節點/叢集)，並提供一種相對簡易的方式來控制特定 VMware 的效能要求。

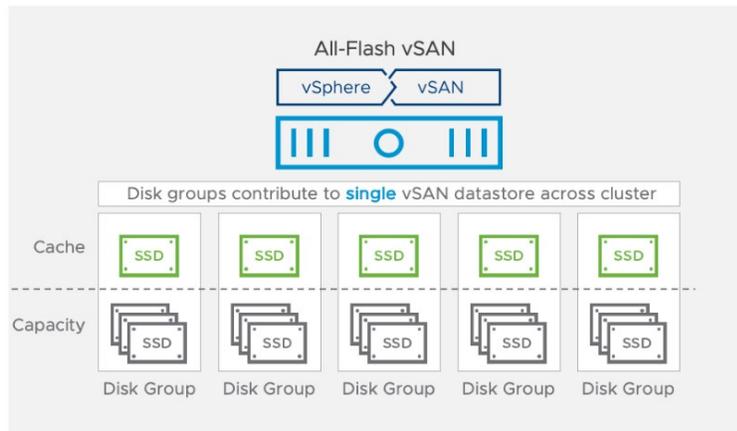


圖1 為全快閃vSAN 架構

vSAN 使用儲存政策來規範特定虛擬磁碟的保護級別和分割。使用預設儲存政策，vSAN 會鏡像佈建在 vSAN 資料存放區的所有物件，管理員也能針對從 vSAN 資料存放區佈建到 VM 的虛擬磁碟保護級別進行精細控制。例如，為了允許 SQL 資料硬碟 VMDK 能容忍叢集中 (整體伺服器、硬碟或網路介面) 出現至少一個故障，我們可指定 FTT 為 1。接著在 vSAN 叢集中一台主機的一個複本元件上，以及另一台主機的另一個複本元件上，建立 VMDK 物件的 RAID-1 鏡像。同樣地，

如果我們希望備份硬碟 Vmdk 不具備彈性和最高效能，管理員可在 RAID 0 (僅分割) 的儲存政策中指定 FTT 為 0，並且藉由 SQL AlwaysOn 容錯移轉叢集，或者藉由 Commvault 或 NetBackup 等一般備份解決方案進行資料庫備份，達到 VM 的高可用性。

在我們 Kingston Technology SSD 固態硬碟測試、驗證實驗室及本文中，我們使用了 3 台 [PowerEdge R740xD 伺服器](#)，支援 8 個 2.5 吋 NVMe 和 16 個 2.5 吋 SATA/SAS 硬碟槽/伺服器，以及由 2 個 [Cisco Nexus 5k 網路交換器](#) 提供的 10GB 專用網路，來測試 SATA SSD 的 vSAN 流量。我們使用 4 節點 Big Twin Supermicro [SYS-2029BT-HNR 超級伺服器](#)，以及由 1 個 [Cisco 9k 網路交換器](#) 提供的 40GB 專用網路供 vSAN 流量使用，來測試 NVMe。在我們的測試中，對於 Guest VM 虛擬磁碟，我們使用自訂儲存政策 (FTT=0)，來最大化本文中所有測試的區塊儲存效能。對於我們的各項測試，我們使用了各種 SSD 固態硬碟，並在以下每個測試結果的開頭，記錄這些 SSD 固態硬碟資料，另外我們也使用了具備相同儲存容量的 3 個實體硬碟來進行 SATA 和 NVMe 測試，以作為標準。我們選擇熱門的美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟作為測試比較。至於管理和 VMotion 流量，我們則使用 1 台 Netgear JGS524PE 24 埠託管網路交換器提供的 1GB 網路。

NVMe 測試環境 (硬體)	SATA/SAS/HYBRID 測試環境 (硬體)
Supermicro SYS-2029BT-HNR 4 節點叢集，具備 6 個熱插拔 2.5 吋 NVMe 硬碟槽/伺服器	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
Intel(R) Xeon(R) Gold 6252 CPU (48c/96t) @ 2.10GHz X 8	Intel(R) Xeon(R) Silver 4114 CPU (10c/20t) @ 2.20GHz X 8
64x32GB Kingston DDR4-2933 2Rx4 ECC REG DIMM (每節點 16x32GB)、512GB/節點、2048GB/叢集	768 GB 24x32GB Kingston Dual Rank ECC 記憶體 @ 2400MHz/節點、2304GB/叢集
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	1 個 Cisco Nexus 9332PQ 32 埠 40GB 資料中心級網路交換器，專供 vSAN 網路流量使用
	PERC H740P 配置為 HBA 直通模式

圖 1.1 測時期間我們使用的硬體

NVMe 測試環境 (作業系統和軟體)	SATA 測試環境 (作業系統和軟體)
Hypervisor : VMware ESXi, 7.0.3, 19193900	Hypervisor : VMware ESXi, 7.0.3, 19193900
vSAN 7U3c (VMware ESXi, 7.0.3, 19193900 + VMware VirtualCenter 7.0.3 build-19234570)	vSAN 7U3c (VMware ESXi, 7.0.3, 19193900 + VMware VirtualCenter 7.0.3 build-19234570)
Guest 作業系統 : Windows Server 2019 Data center, v1809	Guest 作業系統 : Windows Server 2019 Datacenter, v1809
Microsoft SQL Server 2017 (RTM) - 14.0.1000.169 (X64)	Microsoft SQL Server 2017 (RTM) - 14.0.1000.169 (X64)
HammerDB-v3.2	HammerDB-v3.2
HCIBench 2.5.3	HCIBench 2.5.3

圖 1.2 : 作業系統和軟體

II. 資料庫配置

此處的測試中，我們使用 SQL server 2017 的 Server 2019 Guest VM，以及佈建在 vSAN 資料存放區中用於資料、日誌和備份的一個獨立 VMDK。HammerDB 是一個開源資料庫負載測試應用程式，支援針對 OLTP 應用系統執行 TPCC 基準測試，以及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和可靠性。

TPCC 基準測試的正式定義可在 TPCC 首頁 tpc.org 取得，是針對一家公司以電腦系統完成客戶訂單以供應產品的效能，所進行的一個著名業界標準 OLTP 基準測試。當該公司銷售 10 萬件商品，並將其庫存放於倉庫中。每個倉庫設有 10 個銷售區，而每個銷售區服務 3000 名客戶。當客戶打電話給營運的接單公司，其中每筆訂單包含數件商品，接著通常會從當地倉庫就近完成該訂單。當一些商品在某個時間點無庫存，就會由替代倉庫來提供庫存並完成訂單。需要注意的是，公司規模並非固定，可隨公司發展而增加倉庫和銷售區。基於這個因素，您的測試 schema 可根據您

需要的大小進行，較大的網會建立較大的 TPC-C 資料庫，而需要效能較強大的電腦系統來處理較高級別的事件交換處理 (HammerDB)。

在本文我們所進行的各種測試中，會在每個測試開始時記錄資料倉儲數量 (schema 大小)，並且說明測試結果。在執行所有測試時，我們會記錄每次測試執行的 Hammer DB 結果，同步使用 Windows 效能監視器 (Perfmon)、Windows PowerShell 上的原生模組 Get-counter 和 vCenter 伺服器上可用的 vSAN 效能監視器，來取得 CPU、網路、記憶體和磁碟統計資料。

III. vSAN 儲存效能

執行 SQL 測試之前，我們針對本文重點配置，先測試 vSAN 資料存放區的效能，用以評估 DC1500M NVMe 和美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區效能水準。我們使用 VMware 的推薦工具 [HCI Bench v2.5.3](#) 對 vSAN 資料存放區進行基準測試，這個工具是一個自動化工具組，可在 vSAN 叢集中的所有主機上部署多個 Vm，同時在 GUEST VM 上使用 Vdbench 並執行特定工作負載。以下我們會說明在 DC1500M NVMe vSAN 叢集上和美光 5200 ECO SATA 叢集上執行 6 個 VM 的一些測試結果。

圖 1.3 和 1.4 顯示混和工作負載導致在 DC1500M NVMe vSAN 資料存放區和美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區中，持續 30 分鐘不同區塊大小的持續 70% 讀取和 30% 寫入隨機工作負載。區塊大小為 4K 時，DC1500M NVMe vSAN 資料存放區能提供 SATA SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區 70% 讀取/30% 寫入 IOPS 時的兩倍效能 (實際數據為 355K vs 178K)，每個 IO 完成速度加快 33% (實際數據為 0.6ms vs 0.4ms)。隨著 IO 傳輸大小增加，NVMe 的效能優勢會更明顯。如果您查看區塊大小 64K、70% 讀取和 30% 寫入的隨機工作負載數據，相較於 SATA SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區，NVMe vSAN 資料存放區能提供 3 倍效能，其中 IOPS 實際數據為 121240 vs 31756，每個 IO 延遲降低 66% (實際數據為 2.1ms vs 6.4 ms)。

圖 1.5 和 1.6 顯示 DC1500M NVMe 和美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區上，針對不同區塊大小，執行 HCI Bench 的持續讀取和寫入處理能力和延遲比較。對於讀取部分，DC1500M NVMe 資料存放區可以維持 17.8GB/s 的讀取處理能力 (128k)，為 SATA SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區讀取處理能力 (實際數據為 2.79GB/s) 的 6.3 倍效能，且延遲為 5 倍 (實際數據為 0.9ms vs 4.4ms)。對於寫入部分，DC1500M vSAN 資料存放區可以維持 6.7Gb/s 的寫入處理能力 (128k)，也是 SATA vSAN 資料存放區讀取處理能力的 5.9 倍，且延遲為 5 倍。

在 SQL 效能上，NVMe 和 SATA 的 vSAN 資料存放區規模之間的原始效能差異有多大？NVMe 的效能優勢能否證明其花費成本合理？能否更快完成 SQL 備份或還原作業，以緩解對於任務型關鍵工作負載的影響？在接下來的段落中，我們試圖透過一些實驗來回答這些問題。

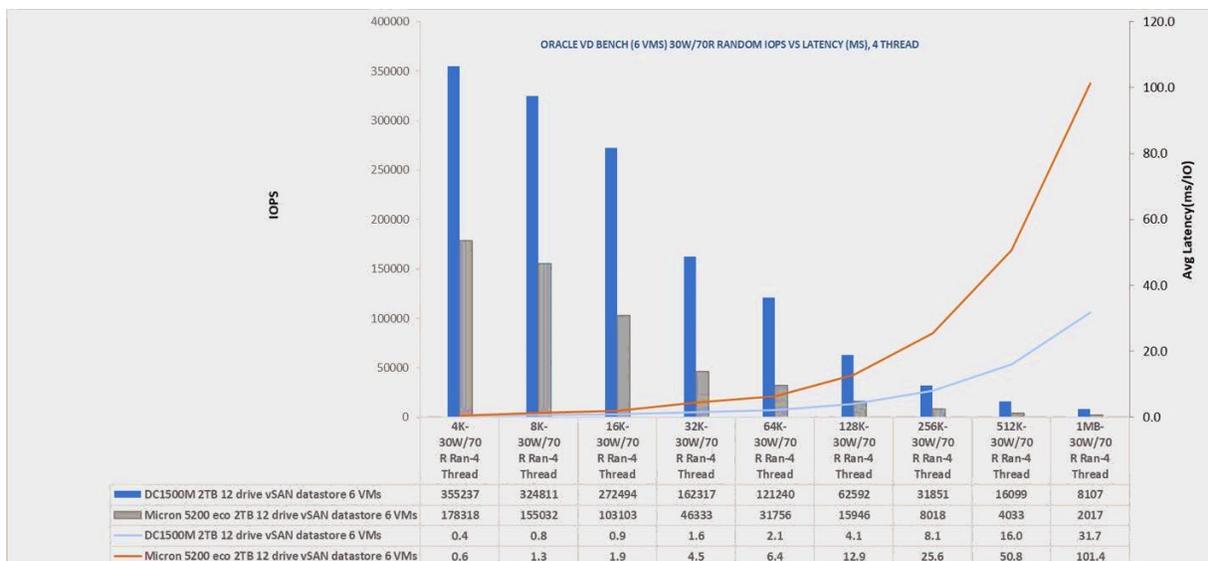


圖 13 顯示 DC1500M vSAN 資料存放區 vs 美光 5200 ECO vSAN 資料存放區、區塊大小 4k、70% 讀取/30% 寫入、隨機、佇列深度=8、執行緒=4、6 個 VM HCIbench IOPS vs 平均延遲 (ms)

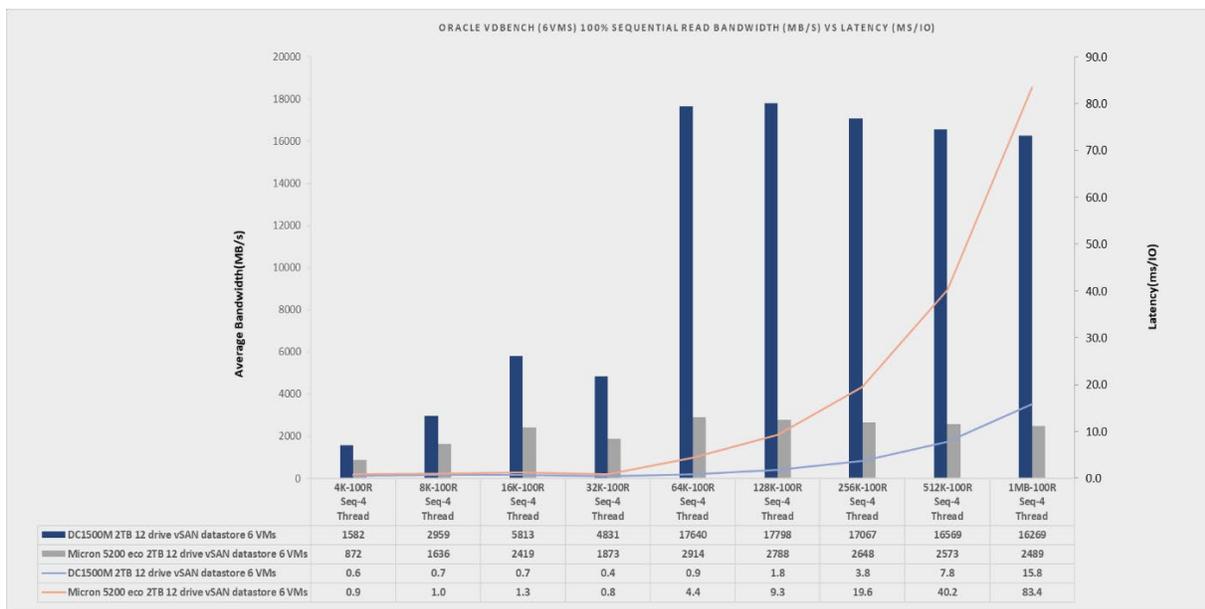


圖 1.4 顯示 DC1500M vSAN 資料存放區 vs 美光 5200 ECO vSAN 資料存放區、100% 讀取/0% 寫入、循序、佇列深度=8、執行緒=4、HCIbench、6 個 VM 讀取處理能力 (MB/s) 和平均讀取延遲 (ms/IO)

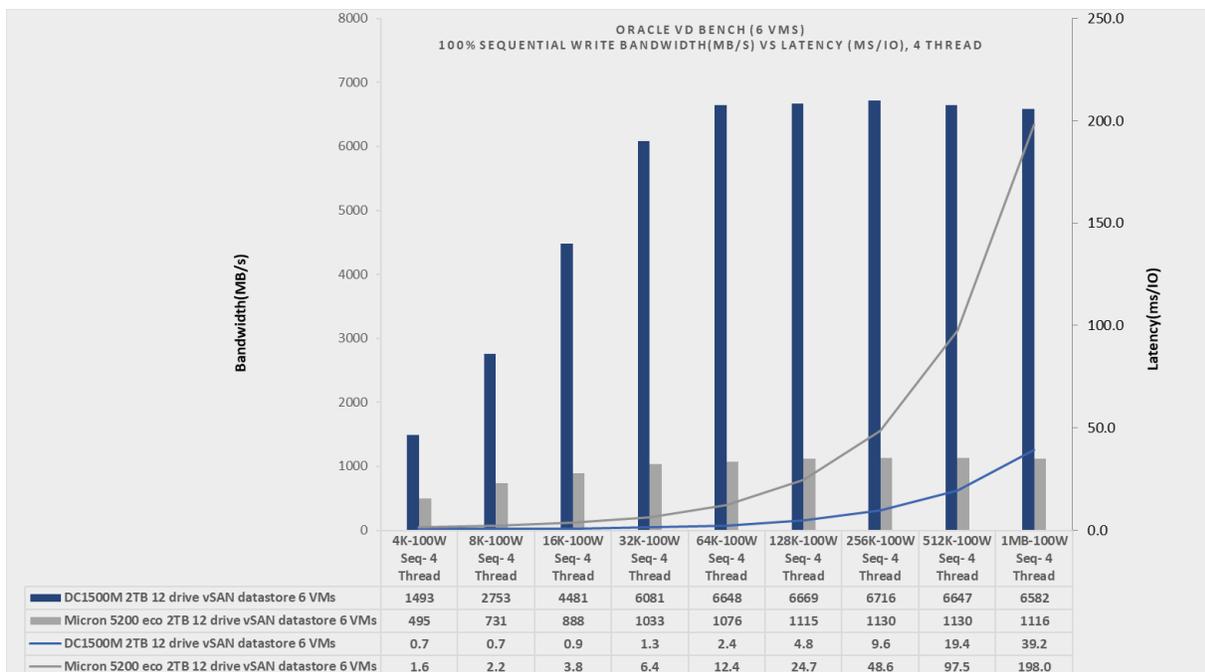


圖 1.5 顯示 DC1500M vSAN 資料存放區 vs 美光 5200 ECO vSAN 資料存放區、100% 讀取/0% 寫入、循序、佇列深度=8、執行緒=4、HCIBench、6 個 VM 讀取處理能力(MB/s) 和平均讀取延遲 (ms/IO)

測試結果

測試 1：DC1500M 960GB - SQL Server 2017 - vSAN 虛擬機器 - 不同容量的 DRAM

vSAN 資料存放區配置：3 個 DC1500M 960G FW S67F0103/磁碟群組、每一個伺服器總共 4 個磁碟群組、NVMe vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。		
測試 1a 說明	測試 1b 說明	測試 1c 說明
NVMe 測試環境中 DC1500M vSAN 資料存放區佈建的虛擬磁碟。選擇代表 1200 個資料倉儲數量的 100GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16個 vCore (虛擬核心) 和 128GB RAM。另一個具有 16c/128GB RAM 的 vSAN VM 作為負載生成伺服器 (LGS)，將事件傳送到 SUT。所建立的虛擬使用者序列為 1、2、3、5、8、13、21、34、55、89。選擇 2 分鐘啟動時間和 5 分鐘的使用者序列測試期間。	與測試 1a 相同；但 Guest VM 分配到的 DRAM 降低為 32 GB，來增加資料區域的 IO。遠端 LGS 仍用來將事件傳送到 SUT，但分配給 LGS 的 DRAM 也降低到 32GB。	與測試 1a 相同；但 Guest VM 分配到的 DRAM 降低為 32 GB，來增加資料區域的 IO，並在 SUT VM 上執行本地測試，用來消除任何網路瓶頸。

圖 2.1 測試 1：DC1500M vSAN 資料存放區的 DRAM 配置差異

我們測試 1 的目標是在 VMware vSAN 上使用全快閃 DC1500M NVMe vSAN 資料存放區，分配不同大小的記憶體給 SQL 伺服器，在 SQL Server 2017 上進行 TPCC 基準測試，以獲得預期效能水準的基準。變更 SQL SUT DRAM 大小的想法是根據以下概念：

- 減少分配給 SQL 伺服器資料庫 VM 的 RAM，會增加資料區域的 IO，而更加著重在包含 schema (磁碟上 OLTP 資料庫) 的資料庫 I/O 效能。
- 如果 SQL 伺服器資料庫 VM 具有足夠的 DRAM，則 OLTP 測試期間內大部分資料會進行快取，則資料區域的 I/O 會降到最低 (記憶體內部 OLTP 測試)。

我們建立具有 1200 個資料倉儲的 schema，使得 TPCC 資料庫的大小接近 100GB。在第一次測試中，分配給 SUT 128 GB 的 DRAM，故整個 schema 可放入記憶體中。我們接著在遠端 LGS 上執行虛擬使用者序列，來模擬使用者發送事件到資料庫，序列從 1 個使用者擴展到 89 個使用者，來配合我們的 schema 大小以及分配給 SQL 伺服器 VM 的 CPU/記憶體資源數量。測試完成後，我們還原 TPCC 資料庫，接著將 SUT 和 LGS 上分配的 DRAM 降低到 32GB，並使用相同的使用者序列重新進行測試。最後，我們在待測系統 VM 上執行本地測試，用來消除任何 LGS 造成的網路瓶頸。

測試 1 結果：DC1500M 960GB - SQL Server 2017 - vSAN 虛擬機器 - 不同容量的 DRAM

圖 2.2 和 2.3 顯示我們使用 DC1500M vSAN 資料存放區，進行測試 1a、1b、1c 中達到的 TPM (Transactions Per Minute，每分鐘可處理的事件數量) 和 NOPM (New Orders Per Minute，每分鐘可處理的新指令數量) 數據。對於所有執行的測試，我們觀察到 TPM 和 NOPM 的數據會隨著虛擬使用者數量增加而擴大。當執行 89 個虛擬使用者的測試時，具有大多數記憶體內部 OLTP 資料庫的 SQL Server 2017 VM 能達到 1,113,300 TPM 和 259,631 NOPM。當我們將分配給 SUT 和 LGS VM 的 DRAM 降低為 32 GB 時，可以達到 958,338 TPM 和 208,311 NOPM，但是當我們在 SUT VM 上執行本地測試時，竟然得到 1,463,290 TPM 和 318,092 NOPM 的驚人數據。

這就是我們所觀察到企業級 NVMe SSD 固態硬碟的延遲優勢之處。這代表當記憶體配置不足而需要對 schema 進行快取時，隨著事件交易數增加以及 SQL 伺服器需要從記憶體將資料寫入事件處理記錄，NVMe 虛擬磁碟能夠快速地響應以維持較高的事件處理能力，並向上擴展到 CPU 的能力瓶頸。圖 2.4 中可看到，在測試 1c 中，即便虛擬使用者為 89 個，每個使用者的 TPM 也還有 16,441。根據這些經驗結果得出結論，在 NVMe 超融合基礎架構上建構資料庫，能節省分配給 SQL Server 2017 的額外 DRAM 成本。

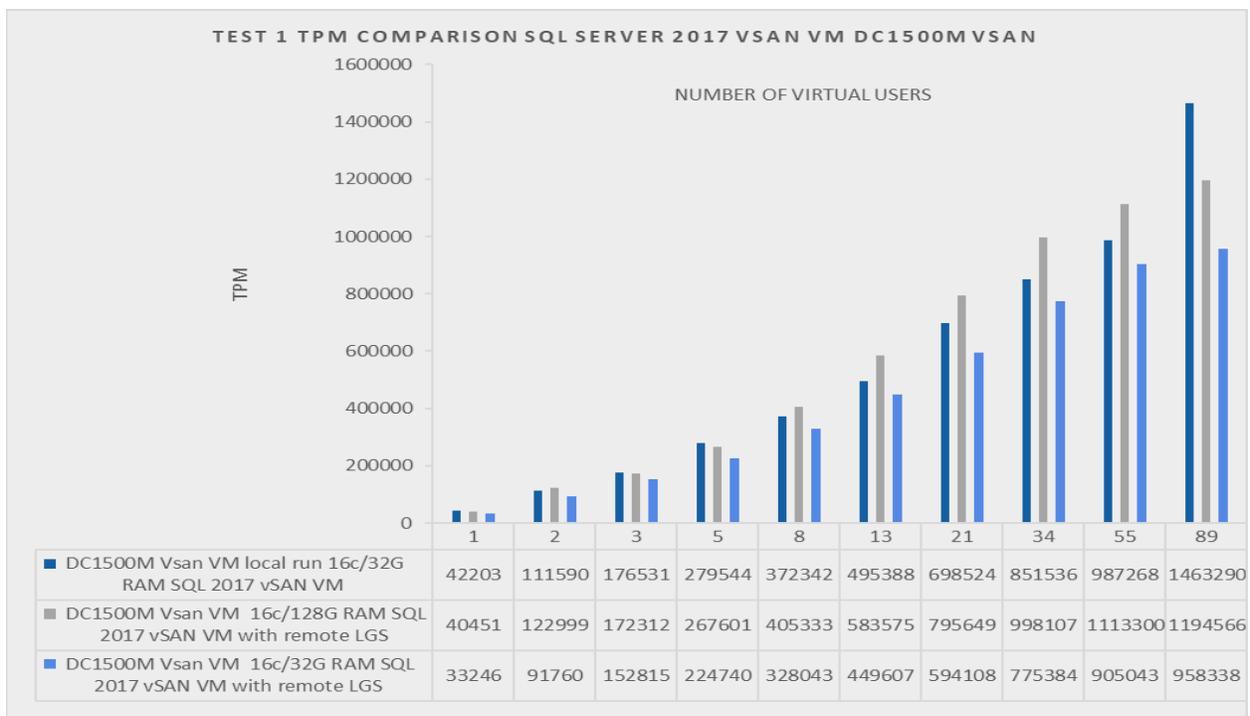


圖 2.2 測試 1a、b、c：不同 DRAM 大小的 DC1500M vSAN 資料存放區 TPM 比較

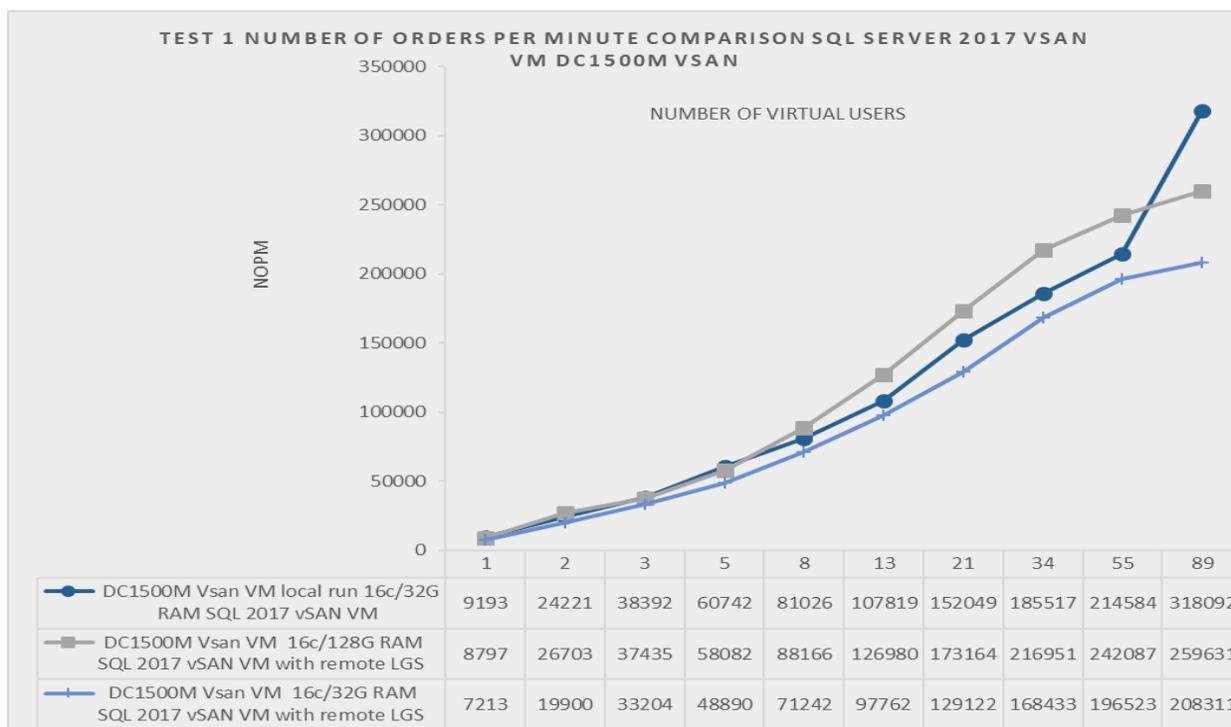


圖 2.3 測試 1a、b、c：不同 DRAM 大小的 DC1500M vSAN 資料存放區 NOPM 比較

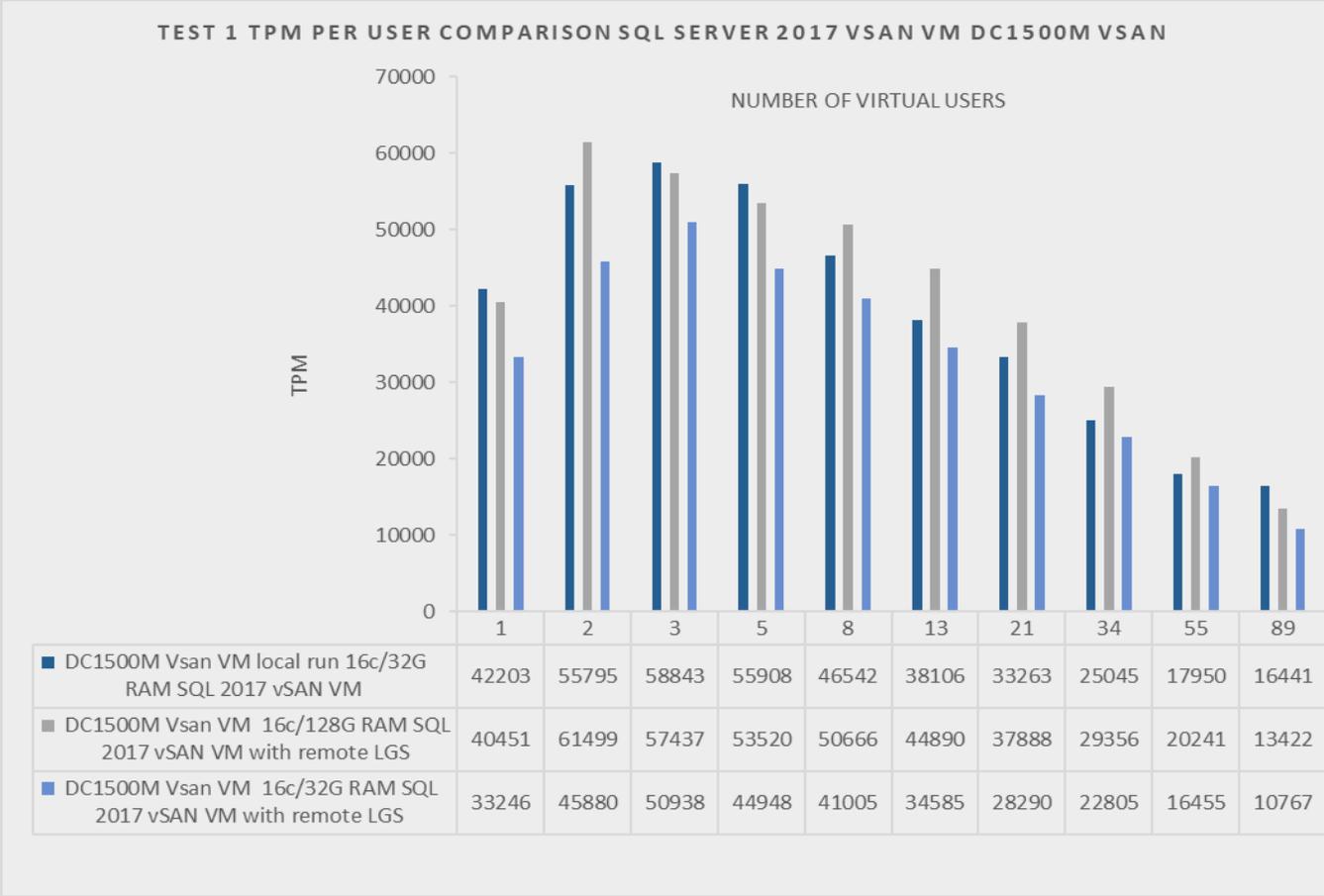


圖2.4 測試1a、b、c：不同DRAM大小的DC1500M vSAN 資料存放區TPM比較

測試 2：比較 Kingston DC500M SATA SSD 固態硬碟、美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區上 SQL Server 2017 的效能

<ul style="list-style-type: none"> • 測試 1a 中 NVMe vSAN 資料存放區儲存配置：3 個 DC1500M 960G FW S67F0103/磁碟群組、每一個伺服器總共 4 個磁碟群組、NVMe vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。(測試 1a) • 測試 1b 中 SATA vSAN 資料存放區儲存配置：3 個 DC500M 1920G FW SCEJK2.8/磁碟群組、每一個伺服器總共 3 個磁碟群組、SATA vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。(測試 1b) • 測試 1c 中 SATA vSAN 資料存放區儲存配置：3 個美光 5200 ECO 1920G FW D1MU004/磁碟群組、每一個伺服器總共 3 個磁碟群組、SATA vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。(測試 1b) 		
測試 2a 說明	測試 2b 說明	測試 2c 說明
<p>NVMe 測試環境中 DC1500M vSAN 資料存放區佈建的虛擬磁碟。</p> <p>選擇代表 1200 個資料倉儲數量的 100GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16 個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM。</p> <p>所建立的虛擬使用者序列為 1、2、3、5、8、13、21、34、55、89。</p> <p>選擇 2 分鐘啟動時間和 5 分鐘的使用者序列測試期間。</p> <p>在 SUT VM 上執行本地測試。</p>	<p>SATA 測試環境中 D500M vSAN 資料存放區佈建的虛擬磁碟。</p> <p>選擇代表 1200 個資料倉儲數量的 100GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16 個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM。</p> <p>所建立的虛擬使用者序列為 1、2、3、5、8、13、21、34、55、89。</p> <p>選擇 2 分鐘啟動時間和 5 分鐘的使用者序列測試期間。</p> <p>在 SUT VM 上執行本地測試。</p>	<p>SATA 測試環境中美光 5200 ECO vSAN 資料存放區佈建的虛擬磁碟。</p> <p>選擇代表 1200 個資料倉儲數量的 100GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16 個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM。</p> <p>所建立的虛擬使用者序列為 1、2、3、5、8、13、21、34、55、89。</p> <p>選擇 2 分鐘啟動時間和 5 分鐘的使用者序列測試期間。</p> <p>在 SUT VM 上執行本地測試。</p>

圖 3.1 測試 2 說明：比較 SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區上 SQL Server 2017 的效能

測試 2 是在 3 種不同資料存放區 (Kingston DC1500M 企業級 NVMe vSAN 資料存放區、Kingston DC500M 和美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區) 中，比較 SUT VM 上 SQL Server 2017 系統的 TPCC 基準測試效能。在測試 2 中，我們在 SUT VM 的 SQL Server 2017 系統上執行本地測試，以增加資料區域的 IO，而更加著重在包含 schema 的資料庫 IO 效能，並且測試使用者序列，從 1 個使用者擴展到 89 個使用者，來配合我們的 schema 大小以及分配給 SQL 伺服器 VM 的 CPU/記憶體資源數量。

測試 2 結果：比較 Kingston DC500M SATA SSD 固態硬碟、美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區上 SQL Server 2017 的效能

圖 3.2 和 3.3 顯示我們在進行測試 2a、2b 和 2c 中達到的 TPM 和 NOPM 的數據。對於所有執行的測試，我們觀察到 TPM 和 NOPM 的數據會隨著虛擬使用者數量增加而擴大，但 NVMe 和 SATA 的數據關係呈現顯著差異。執行 89 個虛擬使用者的測試時，DC1500M 支援的 vSAN 資料存放區 SQL Server 2017 VM 能達到 1,463,290 TPM 和 318,092 NOPM。相較之下，DC500M 支援的 SQL 伺服器 vSAN VM 達到 738,067 TPM 和 160,410 NOPM，而美光 5200 ECO vSAN 資料存放區則達到 628499 TPM 和 136436 NOPM。這代表與相同數量 SATA 技術的 SSD 固態硬碟所支援的 vSAN 資料存放區相比，使用 NVMe 技術的相同數量 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟所支援的 vSAN 資料存放區，能有效地讓 TPM 和 NOPM 數據翻倍。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

果您是使用企業級 NVMe 解決方案 (如 DC1500M) 來支援 VMware 基礎架構升級，則每個使用者能增加 235% 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 3.4)。

圖 3.5 顯示測試 2a、2b 和 2c 中 CPU 平均閒置時間和虛擬使用者數量之間的關係。這是衡量虛擬磁碟效率的有效指標，指隨著事件交易數增加以及 SQL 伺服器需要從記憶體將資料寫入事件處理記錄，虛擬磁碟的回應速度會有多快。執行 89 個虛擬使用者的測試時，DC1500M NVMe 支援的 vSAN VM 的 CPU 閒置時間 (iowait) 為 15.5%，DC500M 支援的 VM 的 CPU 閒置時間為 37.8%，而美光 5200 支援的 VM 的 CPU 閒置時間為 44.2%。這代表我們 NVMe 技術支援的虛擬磁碟對 IO 請求的回應速度快上許多，這能避免 CPU 閒置並等待 IO 完成，才能處理更多事件數量。在工作環境中，將您的 VMware 基礎架構升級到 NVMe，能更有效地使用分配給 SQL 伺服器 VM 的虛擬核心，進而移除在舊 SQL VM 上執行較慢儲存層的不必要核心，來提高事件處理能力並降低成本。

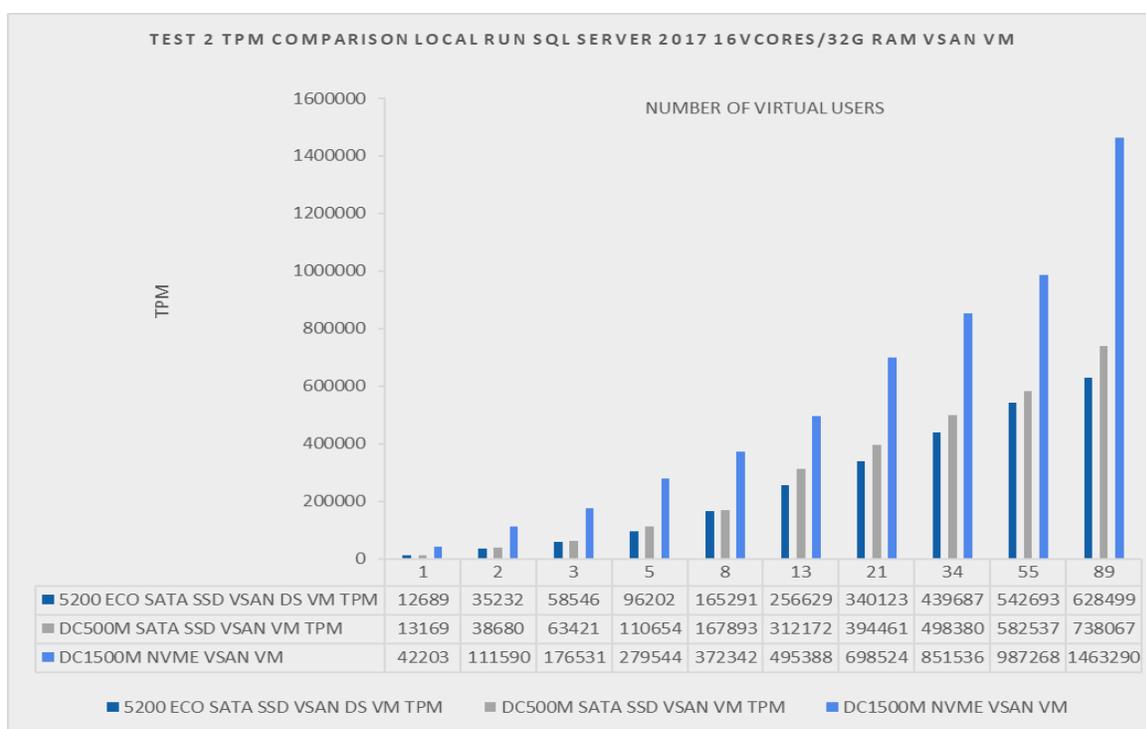


圖 3.2 測試 2：NVMe VS SATA VSAN 資料存放區的 TPM 比較



圖 3.3 測試 2 : NVME VS SATA VSAN 資料存放區的 NOPM 比較

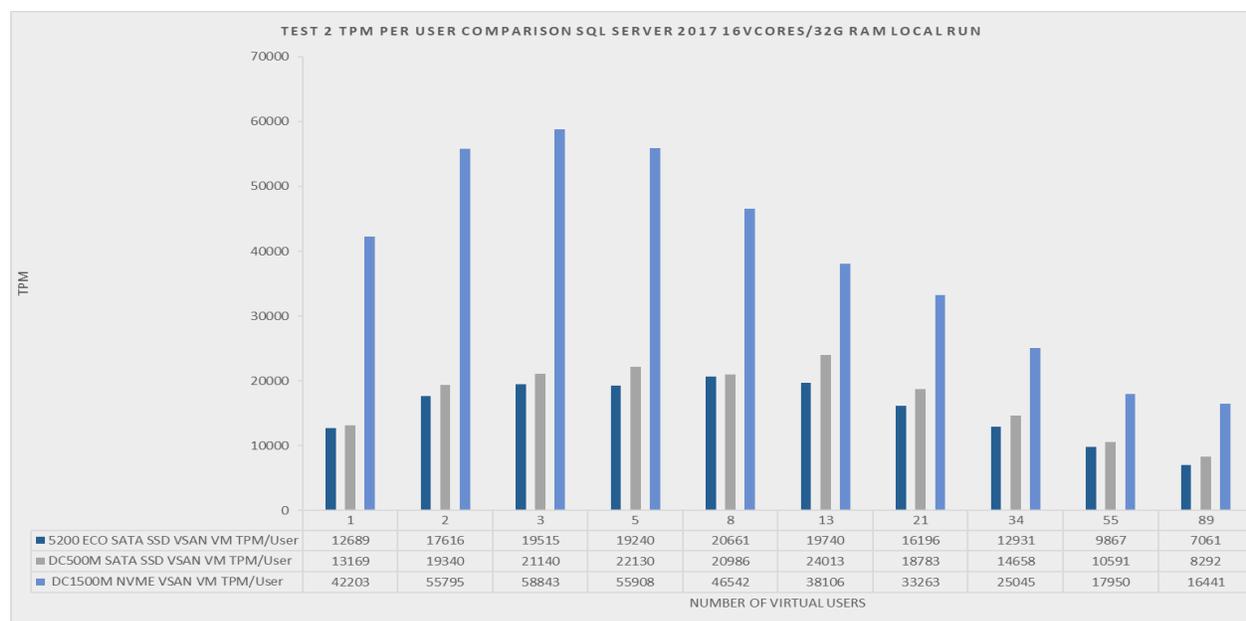


圖 3.4 測試 2 : NVME VS SATA VSAN 資料存放區的每個使用者 TPM 比較

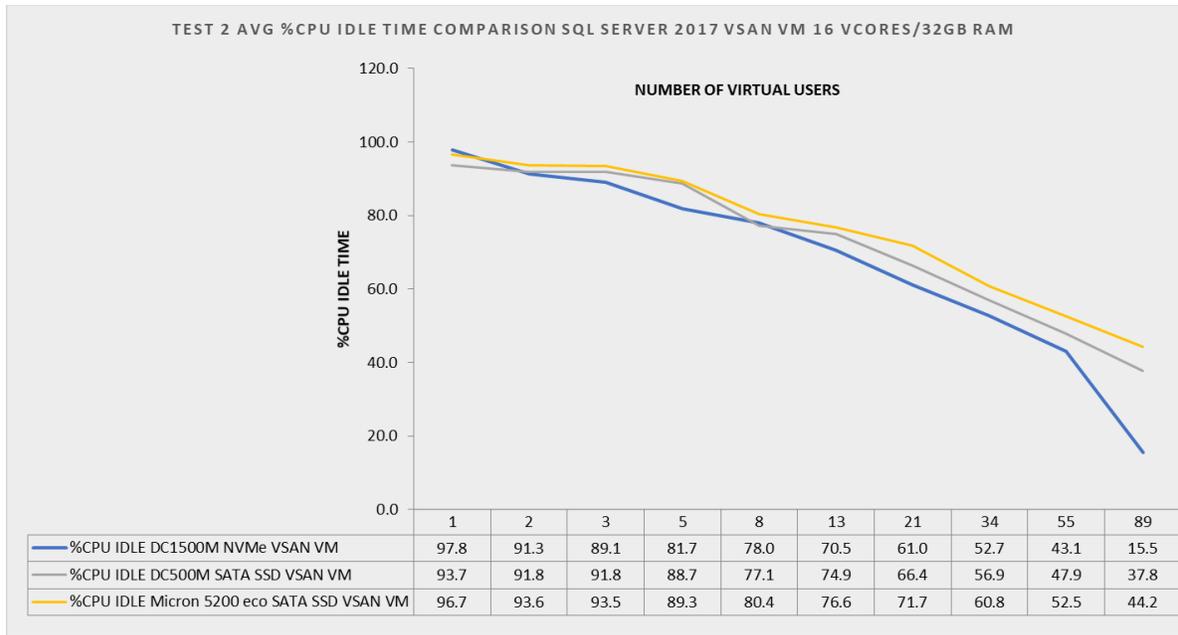


圖 3.5 測試 2：NVME VS SATA VSAN 資料存放區的 CPU 閒置比較 (%)

測試 3：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 資料存放區上 SQL Server 2017 的效能比較 - 資料庫 schema 較大且測試時間較長

<ul style="list-style-type: none"> • 測試 3a 中 NVMe vSAN 資料存放區儲存配置：3 個 DC1500M 960G FW S67F0103/磁碟群組、每一個伺服器總共 4 個磁碟群組、NVMe vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。(測試 3a) • 測試 3b 中 SATA vSAN 資料存放區儲存配置：3 個美光 5200 ECO 1920G FW D1MU004/磁碟群組、每一個伺服器總共 3 個磁碟群組、SATA vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。(測試 3b) 	
測試 3a 說明	測試 2b 說明
<p>NVMe 測試環境中 DC1500M vSAN 資料存放區佈建的虛擬磁碟。</p> <p>選擇代表 2000 個資料倉儲數量的 157GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 40 個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM</p> <p>所建立的虛擬使用者序列為 1、2、4、8、16、32、64、89、128。</p> <p>選擇 10 分鐘啟動時間和 20 分鐘的使用者序列測試期間。</p> <p>在 SUT VM 上執行本地測試。</p>	<p>SATA 測試環境中美光 5200 ECO vSAN 資料存放區佈建的虛擬磁碟。</p> <p>選擇代表 2000 個資料倉儲數量的 157GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 40 個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM</p> <p>所建立的虛擬使用者序列為 1、2、4、8、16、32、64、89、128。</p> <p>選擇 10 分鐘啟動時間和 20 分鐘的使用者序列測試期間。</p> <p>在 SUT VM 上執行本地測試。</p>

圖 4.1 測試 3 說明：美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區上的 SQL Server 2017 資料庫壓力測試

本測試的目的是使用更大的資料庫 schema，進行更長時間的壓力測試，驗證我們先前的結果，並針對在本地執行兩種不同的資料存放區 (Kingston DC1500M 企業級 NVMe vSAN 資料存放區和美光 5200 ECO SATA SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區) 時，比較 SQL Server 2017 系統在測試 VM 的 TPCC 基準測試效能。本次我們選擇具有 2000 個資料倉儲的 schema，使得 TPCC 資料庫的大小達到 157 GB。針對每個 SQL 伺服器 VM，我們使用 40 個虛擬核心，來分配足夠的 CPU 資源，以產生更多待處理事件，讓事件處理能力達到飽和，但只分配 32GB 的 RAM 來測試 IO 綁定。我們稍微調整了虛擬使用者的序列，從 1 個虛擬使用者擴展到 128 個虛擬使用者，並讓每個虛擬使用者序列執行較長的時間 (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。

測試 3 結果：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 資料存放區上 SQL Server 2017 的效能比較 - 資料庫 schema 較大且測試時間較長

圖 4.2 和 4.3 顯示我們在進行測試 3a 和 3b 中達到的 TPM 和 NOPM 的數據。即便拉長持續時間，隨著虛擬使用者數量增加到 128 個，NVMe 技術和 SATA 技術支援的 SQL server 2017 VM 都能隨之進行擴展，但 NVMe 的梯度數據高很多。執行 89 個虛擬使用者的測試時，對於 TPM 部分，DC1500M 能達到 1.84M TPM，相較之下，美光為 0.96M TPM，至於 NOPM 部分，DC1500M 能達到 361743 NOPM，相比之下，美光為 184451 NOPM。對於 DC1500M NVMe 和美光 5200 ECO 支援的 vSAN 資料存放區，在具相同數量的虛擬核心並分配相同大小的 DRAM 前提下，DC1500M 的 TPM/NOPM 數據為美光的 200%。

圖 4.4 和 4.5 顯示在 SQL NVMe 和 SATA SSD 固態硬碟支援的 vSAN VM 上使用 Windows 效能監視器 (Perfmon)，兩者的平均虛擬磁碟延遲和 99% 虛擬磁碟延遲 vs 測得使用者數量的比較。即便使用者數量持續增加，對於每個虛擬使用者序列，DC1500M 支援的虛擬磁碟可維持 <1ms 的平均延遲。當執行 89 個虛擬使用者的測試時，DC1500M 支援的虛擬磁碟平均延遲為 0.92ms/IO，而 SATA SSD 支援的虛擬磁碟平均延遲為 2.36ms/IO，與 NVMe 相比，SATA SSD 的平均延遲增加了 256%。更有趣的是 QoS 99% 延遲，執行 89 個虛擬使用者的測試時，DC1500M 支援的虛擬磁碟在 1.61ms (毫秒) 內能完成所有 IO 的 99%，但 SATA SSD 支援的虛擬磁碟要花費 7.05ms 才能完成所有 IO 的 99%，與 NVMe 相比，SATA SSD 的延遲時間增加了 437%。此處的 NVMe 和 SATA 數據有顯著差異在，因為 DC1500M 設計目的是在持續的 OLTP 工作負載中維持可預測的 QoS 延遲，即便虛擬使用者數量增加，我們也沒有看到任何突然的延遲峰值，這能讓區塊層上進行更多平行 IO 請求。從業務角度來看，這意味著將您的 VMware 基礎架構從 SATA SSD 固態硬碟升級到 NVMe 企業級硬碟 (如 DC1500M)，可擴展事件處理能力並大幅降低事件處理延遲，進而允許應用系統快速擴展，並因時間拉長而降低成本。

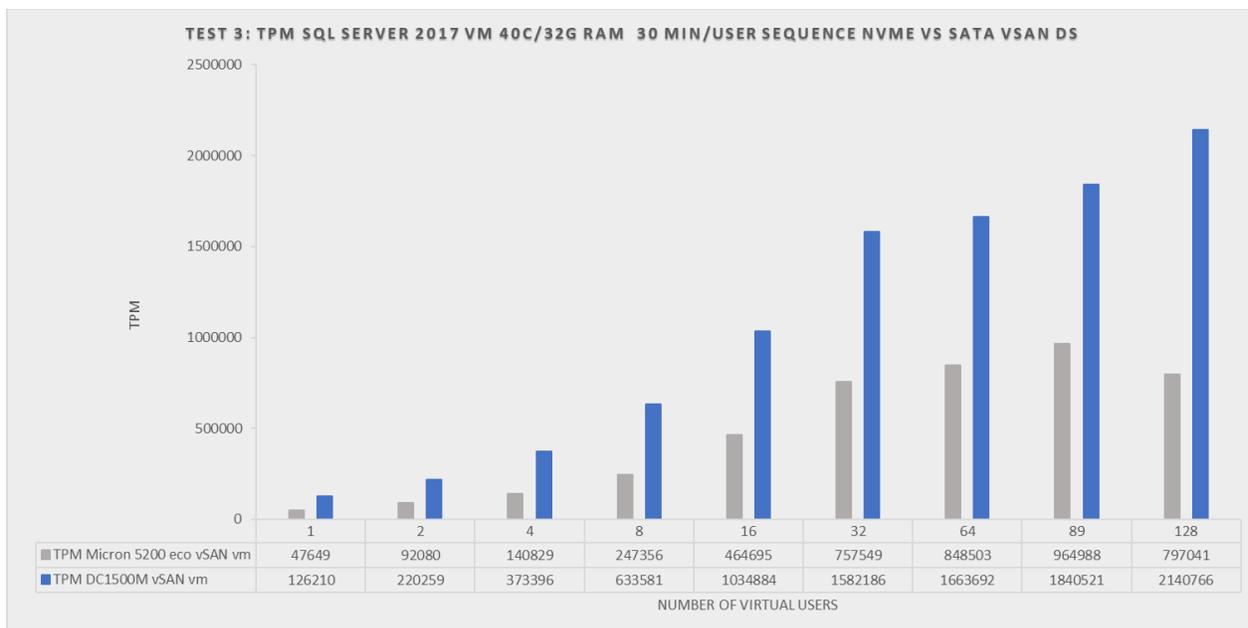


圖 4.2 測試 3 在美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，以 SQL Server 2017 進行資料庫壓力測試的 TPM 比較

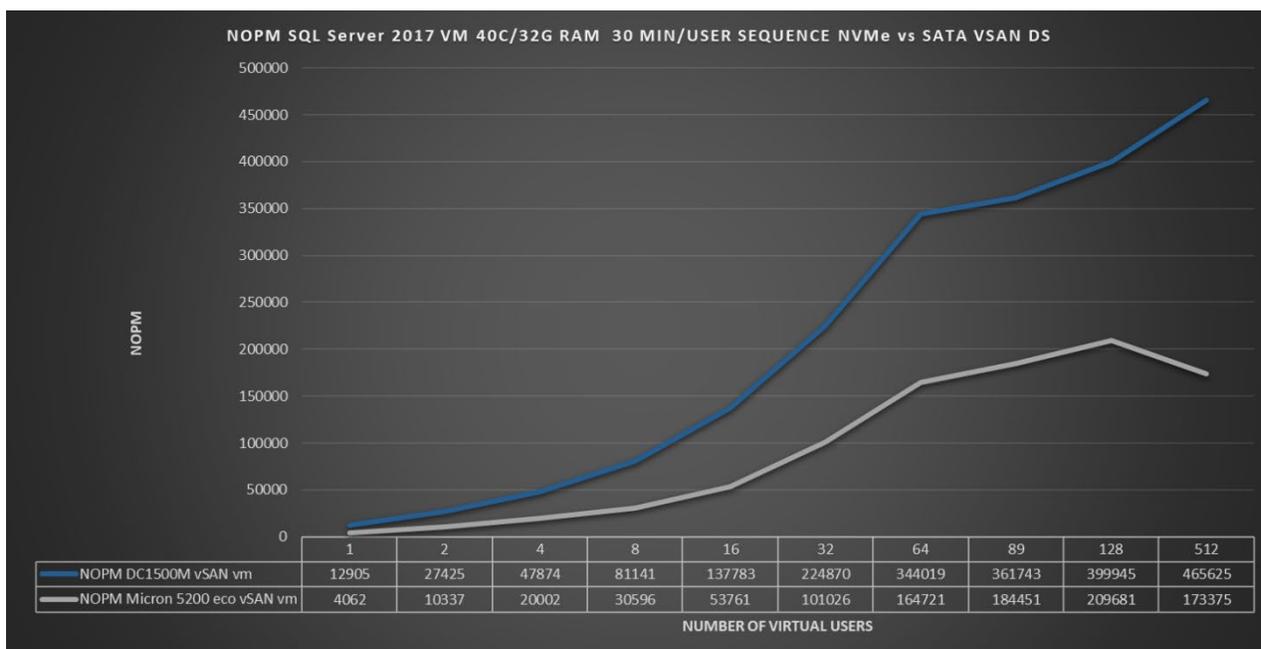


圖 4.3 測試 3 在美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，以 SQL Server 2017 進行資料庫壓力測試的 NOPM 比較

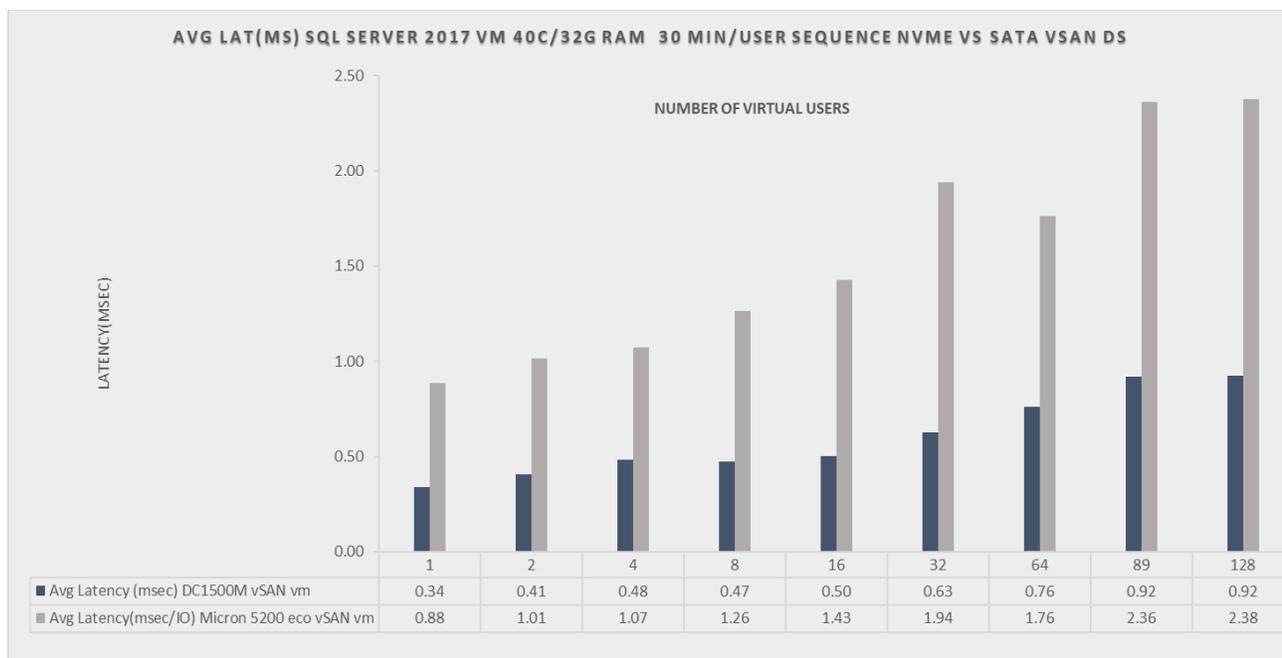


圖 4.4 測試 3 在美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，以 SQL Server 2017 進行資料庫壓力測試的平均延遲(ms) 比較

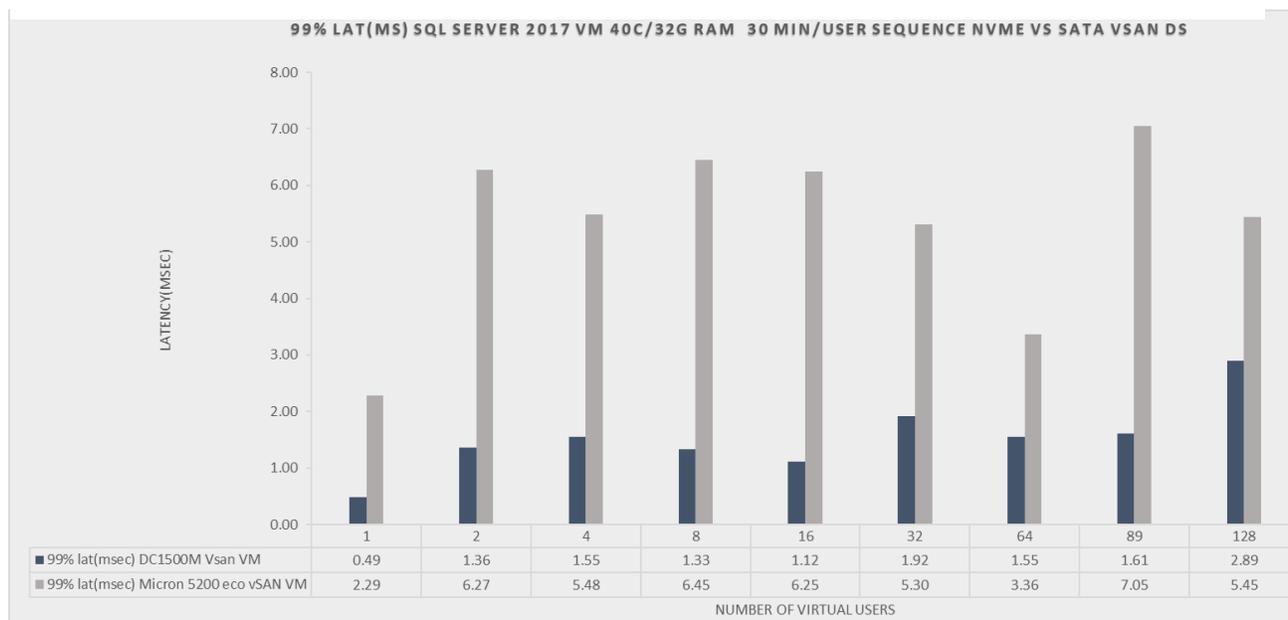


圖 4.5 測試 3 在美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，以 SQL Server 2017 進行資料庫壓力測試的 99% 平均延遲(ms) 比較

測試 4：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 上 SQL Server 2017 的效能比較 -備份和還原效能

<ul style="list-style-type: none"> • 測試 3a 中 NVMe vSAN 資料存放區儲存配置：3 個 DC1500M 960G FW S67F0103/磁碟群組、每一個伺服器總共 4 個磁碟群組、NVMe vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。(測試 4a) • 測試 3b 中 SATA vSAN 資料存放區儲存配置：3 個美光 5200 ECO 1920G FW D1MU004/磁碟群組、每一個伺服器總共 3 個磁碟群組、SATA vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。(測試 4b) 	
測試 4a 說明	測試 4b 說明
<p>NVMe 測試環境中 DC1500M vSAN 資料存放區佈建的虛擬磁碟。</p> <p>在 SUT 上建立代表 2000 個資料倉儲數量的 157GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16 個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM。</p> <p>觸發 3 個備份週期/還原指令碼來備份並還原 TPCC 資料庫，並使用 Windows 效能監視器記錄效能指標在 SUT VM 上執行本地測試。</p>	<p>SATA 測試環境中美光 5200 ECO vSAN 資料存放區佈建的虛擬磁碟。</p> <p>在 SUT 上建立代表 1200 個資料倉儲數量的 157GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16 個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM。</p> <p>觸發 3 個備份週期/還原指令碼來備份並還原 TPCC 資料庫，並使用 Windows 效能監視器記錄效能指標在 SUT VM 上執行本地測試。</p>

圖 5.1 測試 4 說明：在美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，執行 SQL Server 2017 備份/復原作業的效能比較

SQL 資料庫備份和復原作業是衡量基礎虛擬磁碟延遲和事件處理能力的好方法。針對單個 NVMe 支援和單個 SATA 支援的 vSAN VM，我們希望在觸發 TPC-C 備份/還原作業時，透過 Windows 效能監視器擷取到虛擬磁碟指標，進而建立其事件處理能力和延遲指標的基準。

測試 4：結果：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 上 SQL Server 2017 的效能比較 -備份和還原效能

圖 5.2 至 5.4 顯示在備份/還原週期測試 4a) 和測試 4b) 中，透過 Windows 效能監視器測得的逐秒事件處理能力和延遲。DC1500M NVMe vSAN 資料存放區支援的 SQL 伺服器 VM 在 265 秒內完成 TPCC 資料庫備份作業，其平均事件處理能力為 593MB/s，而平均延遲為 1.46ms/IO。並且，在 129 秒內完成 TPCC 資料庫還原作業，其平均 BW 為 1.4GB/s，而平均延遲為 2.65ms/IO。與美光 5200 ECO vSAN 支援的 VM 相比，NVMe vSAN 支援的 SQL VM 備份作業完成速度為 1.5 倍，還原作業完成速度為 2.15 倍。

通常來說，備份和還原作業是在非工作時間進行，以避免對生產 VM 造成任何影響，但並非總是如此。如果 SQL 備份或還原作業在工作高峰期間進行，您會希望其盡快完成，以避免對於在共享相同 vSAN 資料存放區的第一層應用系統上進行事件處理的使用者造成延遲影響。將您 SQL 資料庫遷移到 NVMe 支援的 vSAN 資料存放區，系統可吸收此類影響。即便備份/還原作業在非工作時間進行，也能更快地完成作業，以減少共享相同資源的第一層資料庫停機時間。

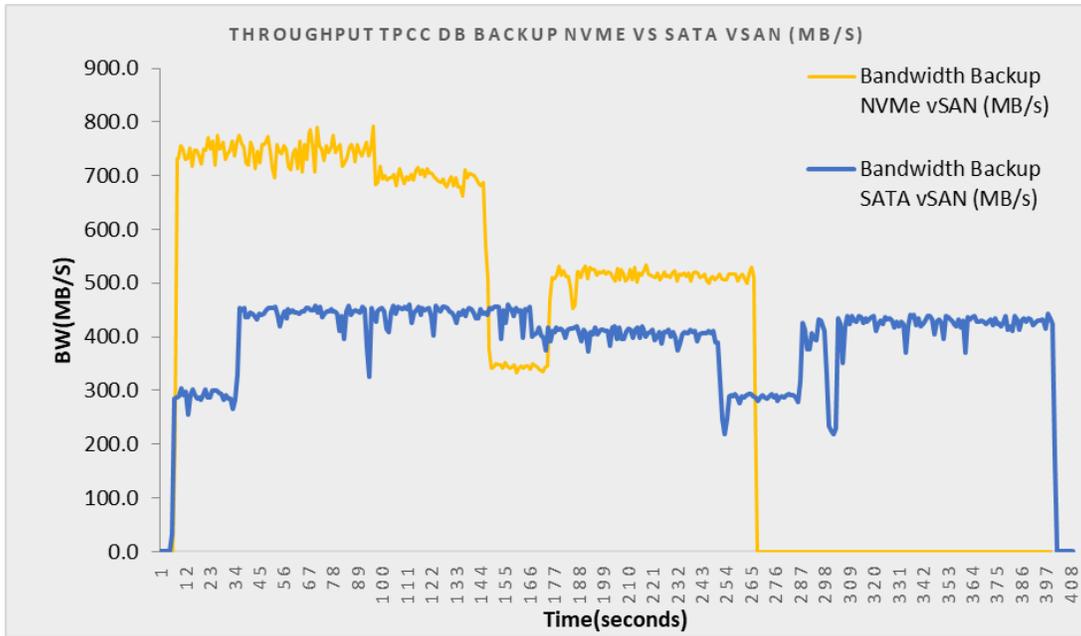


圖 5.2 在美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，以 SQL Server 2017 進行 TPCC 資料庫備份的事務處理能力比較 (MB/s)

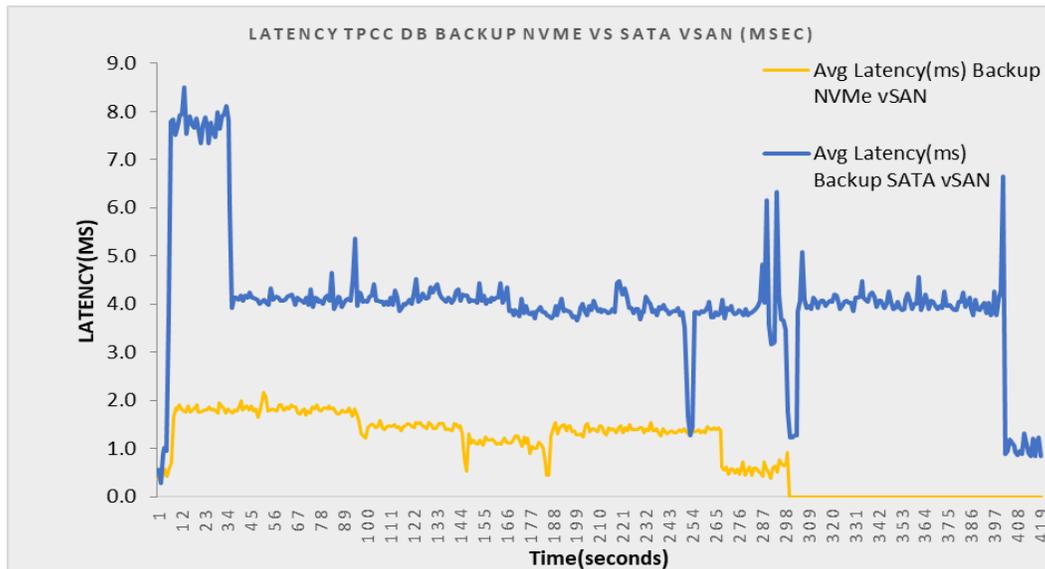


圖 5.3 在美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，以 SQL Server 2017 進行 TPCC 資料庫備份的平均延遲比較 (ms)

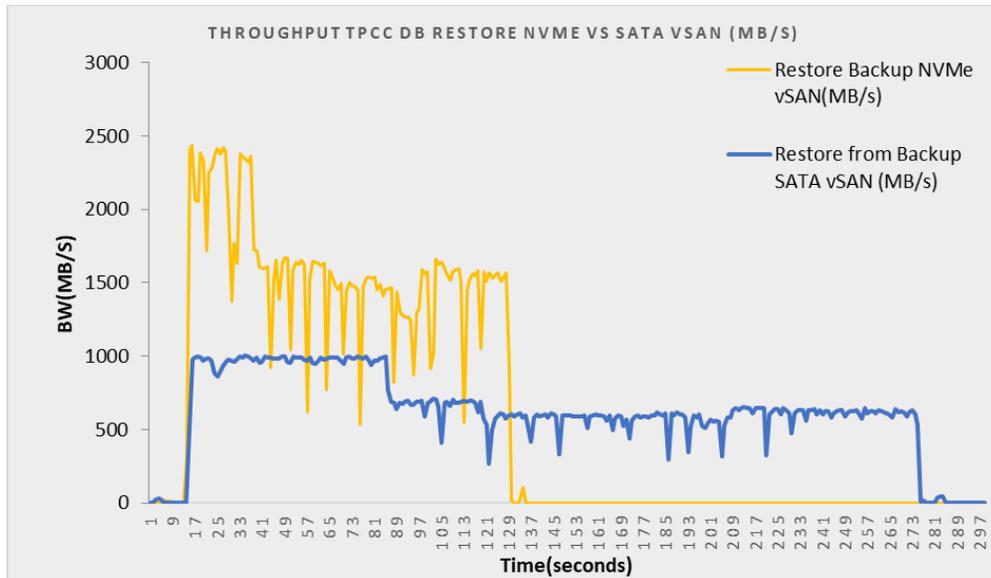


圖 5.4 美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，以 SQL Server 2017 進行 TPCC 資料庫還原的事務處理能力比較 (MB/s)

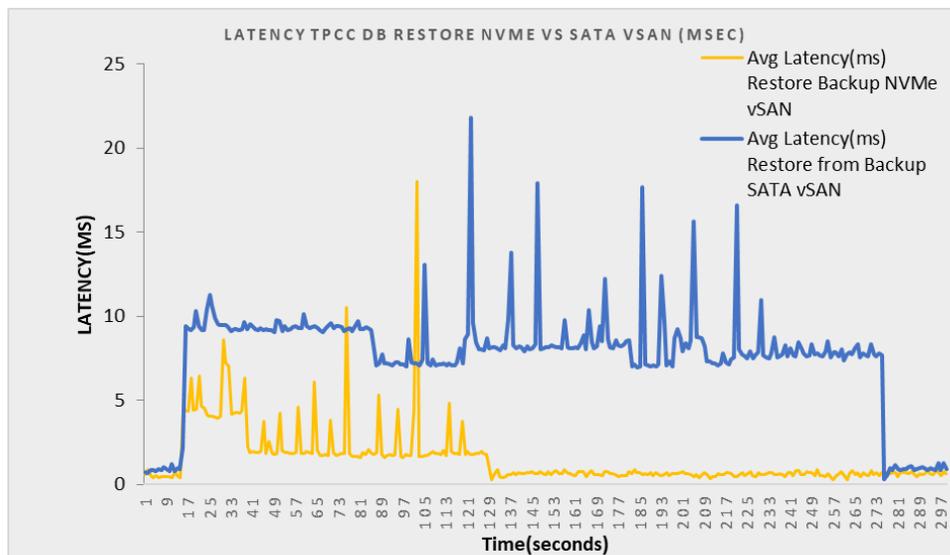


圖 5.5 在美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，以 SQL Server 2017 進行 TPCC 資料庫還原的延遲比較 (ms)

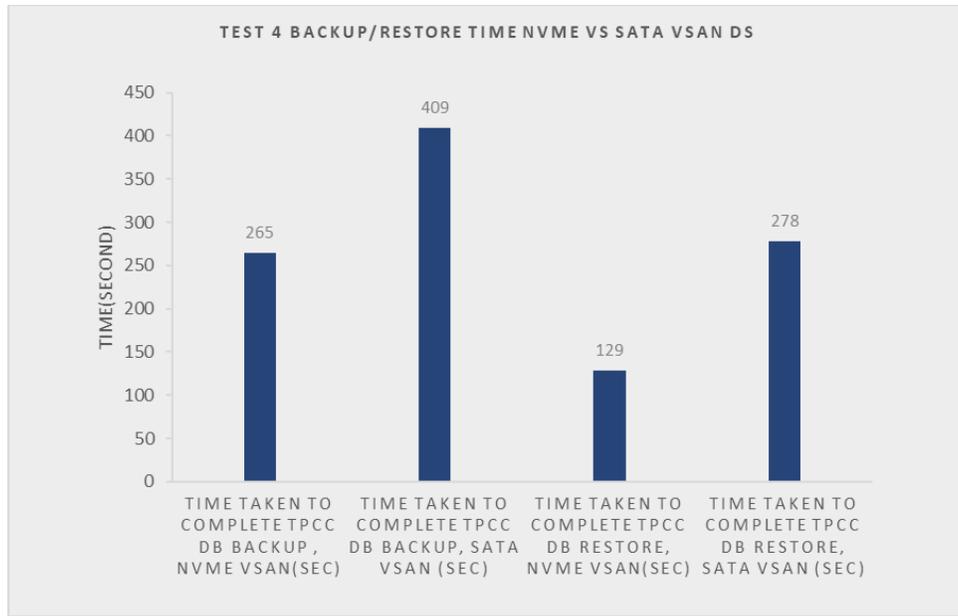


圖 5.6 在美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟的 vSAN 資料存放區上，以 SQL Server 2017 進行 TPCC 資料庫備份/還原的作業完成所需時間 (sec)

測試 5：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 上 SQL Server 2017 的效能比較 - 擾鄰 (Noisy Neighbor) 測試

- 測試 3a 中 NVMe vSAN 資料存放區儲存配置：3 個 DC1500M 960G FW S67F0103/磁碟群組、每一個伺服器總共 4 個磁碟群組、NVMe vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。(測試 5a)
- 測試 3b 中 SATA vSAN 資料存放區儲存配置：3 個美光 5200 ECO 1920G FW D1MU004/磁碟群組、每一個伺服器總共 3 個磁碟群組、SATA vSAN 測試環境。SQL Server 2017、Server 2019 Datacenter Guest 作業系統。(測試 5b)

測試 5a 說明	測試 5b 說明	測試 5c 說明	測試 5d 說明
<p>NVMe 測試環境中 DC1500M vSAN 資料存放區佈建的 SQL 2017 VM 虛擬磁碟。</p> <p>在 SUT 上建立代表 1200 個資料倉儲數量的 100GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM。</p> <p>SUT 在測試中複製 11 次，分配有 3 個 SUT VM/實體伺服器 (總共 12 個 SUT VM) 本測試設定執行 89 個虛擬使用者在每個 SUT VM 上選擇 30 分鐘啟動時間和 300 分鐘測試期間本測試總共在 12 個 SUT VM 上平行觸發</p>	<p>SATA 測試環境中美光 5200 ECO vSAN 資料存放區佈建的 SQL 2017 虛擬磁碟。</p> <p>在 SUT 上建立代表 1200 個資料倉儲數量的 100GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM。</p> <p>SUT 在測試中複製 8 次，分配有 3 個 SUT VM/實體伺服器 (總共 9 個 SUT VM) 本測試設定執行 89 個虛擬使用者在每個 SUT VM 上選擇 30 分鐘啟動時間和 300 分鐘測試期間本測試總共在 9 個 SUT VM 上平行觸發</p>	<p>NVMe 測試環境中 DC1500M vSAN 資料存放區佈建的 SQL 2017 VM 虛擬磁碟。</p> <p>在 SUT 上建立代表 1200 個資料倉儲數量的 100GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM。</p> <p>SUT 在測試中複製 11 次，分配有 2 個 VM/實體伺服器 (總共 8 個 VM) 來執行 HDB 工作負載。本測試設定執行 89 個虛擬使用者在每個 SUT VM 上選擇 30 分鐘啟動時間和 300 分鐘測試期間。</p> <p>1 個 VM/實體伺服器具有 1200 個資料倉儲數量的 TPCC schema 大小 (100GB)，當工作負載在其他 SUT VM 上執行 10 個週期時，每 100 秒觸發一次備份指令碼 (總共 4 個 VM) 8 個執行 HDB 工作負載的 SUT VM；4 個執行備份指令碼的 VM。</p> <p>本測試總共在 12 個 VM 上平行觸發</p>	<p>SATA 測試環境中美光 5200 ECO vSAN 資料存放區佈建的 SQL 2017 VM 虛擬磁碟。</p> <p>在 SUT 上建立代表 1200 個資料倉儲數量的 100GB 資料庫。待測系統 VM (System under test VM, SUT) 分配有 16個 vCore (虛擬核心) 和 32GB RAM。</p> <p>SUT 在測試中複製 8 次，分配有 2 個 VM/實體伺服器 (總共 6 個 VM) 來執行 HDB 工作負載。本測試設定執行 89 個虛擬使用者在每個 SUT VM 上選擇 30 分鐘啟動時間和 300 分鐘測試期間。</p> <p>1 個 VM/實體伺服器具有 1200 個資料倉儲數量的 TPCC schema 大小 (100Gb)，當工作負載在 SUT VM 上執行時，每 100 秒觸發一次備份指令碼 (總共 4 個 VM) 6 個執行 HDB 工作負載的 SUT VM；3 個執行備份指令碼的 VM。</p> <p>本測試總共在 9 個 VM 上平行觸發</p>

圖 6.1 測試 5 說明：美光 5200 ECO SATA 和 DC1500M NVMe SSD 固態硬碟 vSAN 資料存放區上的 SQL Server 2017 實際擾鄰測試

我們執行本測試的目的是模擬一個實際情況，其中 VM 上的麻煩工作負載 (本例中使用 TPCC 資料庫備份作業)，與執行生產工作 (本測試中以 TPCC 基準測試作為生產工作負載) 的 SQL 伺服器 VM 共享相同 vSAN 資料存放區，進一步藉由 TPCC 基準測試結果，並分析 Perfmon 及 vSAN 效能監視器測得的關鍵儲存指標，來評估整體效能影響。

在測試 5a) 和 5b) 中，我們在所有 VM 上平行執行 TPCC 基準測試且無備份作業，來建立基準。我們同時在 NVMe 和 SATA vSAN 叢集上執行，在每個實體伺服器上使用 3 個 SQL Vm，使得 NVMe 的 SUT VM 總數達到 12 個，而 SATA 的 SUT VM 總數達到 9 個。本測試的 schema 具有 1200 個資料倉儲，使得 TPCC 資料庫的大小接近 100Gb，我們使用 89 個使用者執行 30 分鐘啟動時間和 300 分鐘持續時間的 TPCC 工作負載。

在測試 5a) 和 5b) 中，我們在所有 SUT VM 上還原 TPCC 資料庫。接著我們觸發一個指令碼，在 NVMe 叢集的 4 個 VM 和 SATA 叢集的 3 個 VM 上，執行 10 個 TPCC 資料庫備份週期，同時在剩下的 SUT VM 上同步執行相同的 TPCC 基準測試。這代表在 NVMe vSAN 叢集上，有 8 個 VM 執行 TPCC 工作負載，另外 4 個 VM 平行執行備份工作負載。同時間，在 SATA vSAN 叢集上，有 6 個 VM 執行 TPCC 工作負載，另外 3 個 VM 平行執行備份工作負載。

測試 5 結果：DC1500M NVMe vs 美光 5200 ECO SATA vSAN 上 SQL Server 2017 的效能比較 - 擾鄰 (Noisy Neighbor) 測試

圖 6.2 和 6.3 顯示我們在進行測試 5a 和 5b 中達到的 TPM 和 NOPM 的數據。針對 12 個 DC1500M NVMe vSAN 資料存放區支援的 SQL 伺服器 VM，在每個 VM 上執行 89 個虛擬使用者，能達到每個 VM 平均 523,516 TPM 和平均 113,812 NOPM 的數據，相比之下，針對 9 個美光 5200 ECO SATA 叢集支援的 SQL VM，能達到每個 VM 平均 269,320 TPM 和 58,544 NOPM 的數據。查看 vSAN 效能監視器測得的 IOPS 和延遲指標 (下圖 6.4 和 6.5)，區塊層上產生的 IO 轉換成 NVMe 叢集上的 120,000 讀取 IOPS、60,000 寫入 IOPS，而讀取/寫入作業的延遲為 800 μ s；相較之下，轉換成 SATA vSAN 叢集上的 50,000 讀取 IOPS、20,000 寫入 IOPS，而讀取平均的延遲為 3.8ms/寫入平均的延遲為 5.5ms。這再次強調出 NVMe 和 SATA 之間的差異，並展示了 DC1500M NVMe 支援的虛擬磁碟可吸收平行請求並更快速地處理來回行程延遲的能力。

圖 6.5 和 6.6 顯示我們在進行測試 5c 和 5d 中達到的 TPM 和 NOPM 的數據。針對 8 個 DC1500M NVMe vSAN 資料存放區支援的 SQL 伺服器 VM，在每個 VM 上執行 89 個虛擬使用者，同時在 4 個 VM 上平行觸發 VM 備份，能達到平均 575,933 TPM 和平均 125,206 NOPM 的數據，相比之下，針對美光 5200 ECO SATA 支援的 Vm，其中在 6 個 VM 上執行 TPCC 工作負載，同時在 3 個 Vm 上平行觸發 VM 備份，能達到平均 351,258 TPM 和 76,355 NOPM 的數據。為了說明整個情況，我們必須分析 SATA 和 NVMe vSAN 叢集的延遲和儲存指標，並查看兩個叢集上備份作業的完成速度。

圖 6.8 和 6.9 顯示我們在進行測試 5c 和 5d 時，使用 vSAN 效能監視器測得 NVMe 和 SATA 叢集的 vSAN IOPS 和延遲指標。備份指令碼設定為每 100 秒執行 10 個週期。我們可以看到觸發 VM 備份對於 NVMe 和 SATA vSAN 叢集的 IOPS 和讀取/寫入延遲的影響。但這些影響程度有所差異。NVMe 叢集的最大讀取/寫入 IO 延遲飆升到 4ms/IO，同時維持平均 2.5 ms/IO 的讀取/寫入作業；而 SATA vSAN 則飆升到 9ms/IO，同時維持平均 7.3 ms/IO 的讀取作業和平均 4.9 ms/IO 的寫入作業。當終端使用者試圖提交訂單、更新購物車或查看其他庫存產品時會感受到的延遲。

圖 6.11 顯示 DC1500M vSAN 支援的 VM 上，以及美光 5200 ECO vSAN 支援的 SQL VM 上的一個 SQL 伺服器，分別完成備份週期所花費的時間，其中不包括各個備份週期之間等待的時間。NVMe vSAN VM 的 SQL 伺服器完成 10 次備份需要 73 分鐘，平均備份時間 7 分鐘，而 SATA SSD 支援的 vSAN VM 完成 10 次備份需要 122.15 分鐘，平均備份時間 12 分鐘。DC1500M vSAN 支援的 VM 完成備份週期的速度，比美光 5200 ECO vSAN 支援的 VM 要快上 1.67 倍。這個經驗證據表示，將您的 VMware 基礎架構升級到 DC1500M NVMe 支援的資料庫，更快地完成資料庫備份等不想要的作業，將有助於緩解擾鄰的問題，且由於極佳的延遲和事件處理能力，NVMe 能吸收這些麻煩的工作負載對於第一層應用系統的延遲影響。

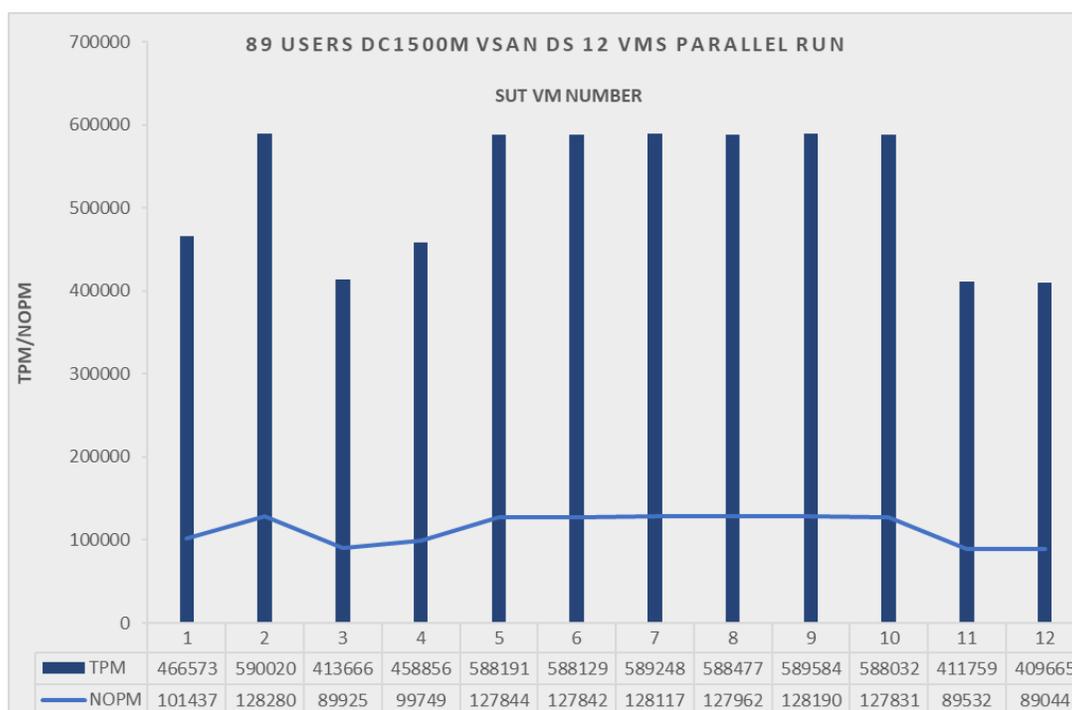


圖 6.2 測試 5a，TPM、SQL Server 2017、300 分鐘、12 個 VM 平行執行、89 個虛擬使用者、DC1500M NVMe SSD vSAN 資料存放區

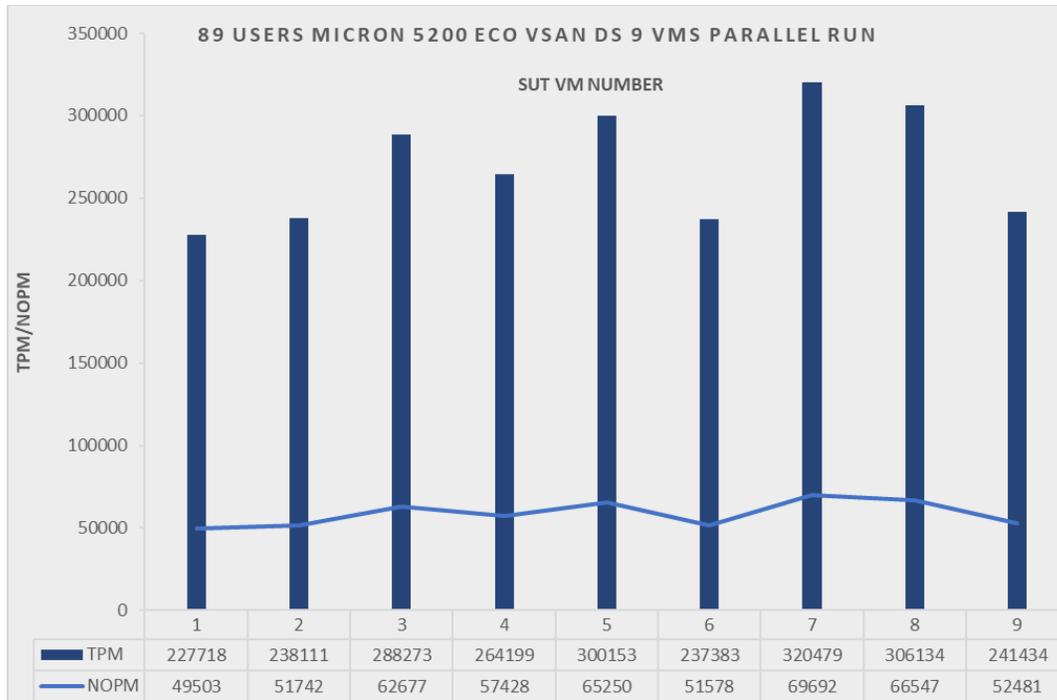


圖 6.3 測試 5b，TPM、SQL Server 2017、300 分鐘、12 個 VM 平行執行、89 個虛擬使用者、DC1500M NVMe SSD vSAN 資料存放區

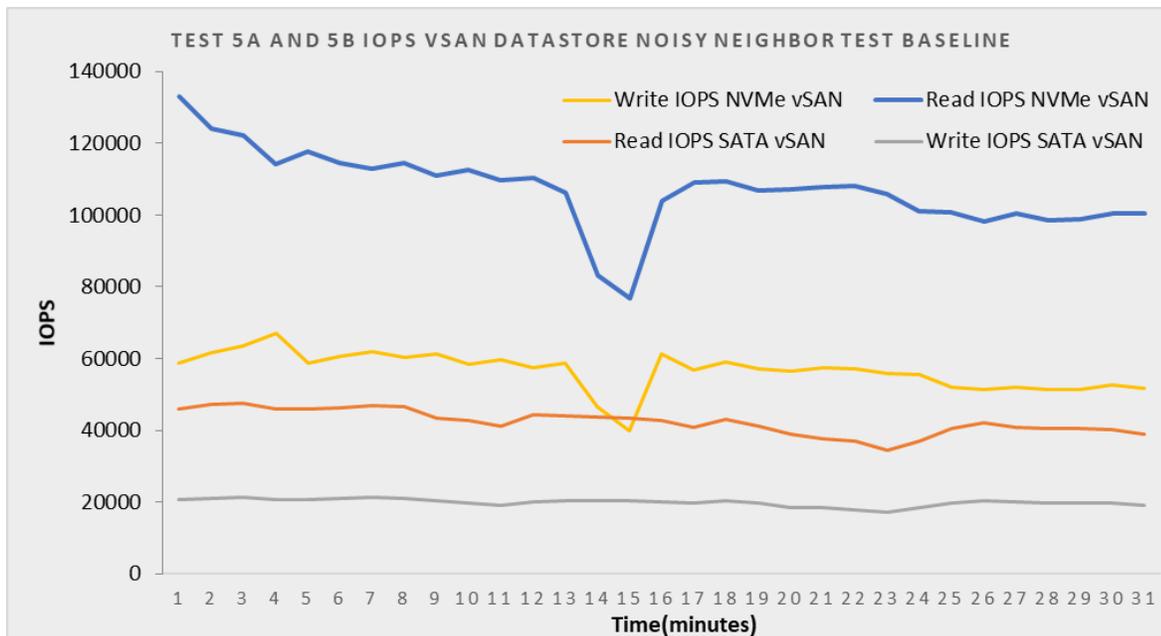


圖 6.4 測試 5a 和 5b，擾鄰 IOPS、DC1500M NVMe 和美光 5200 ECO vSAN 資料存放區

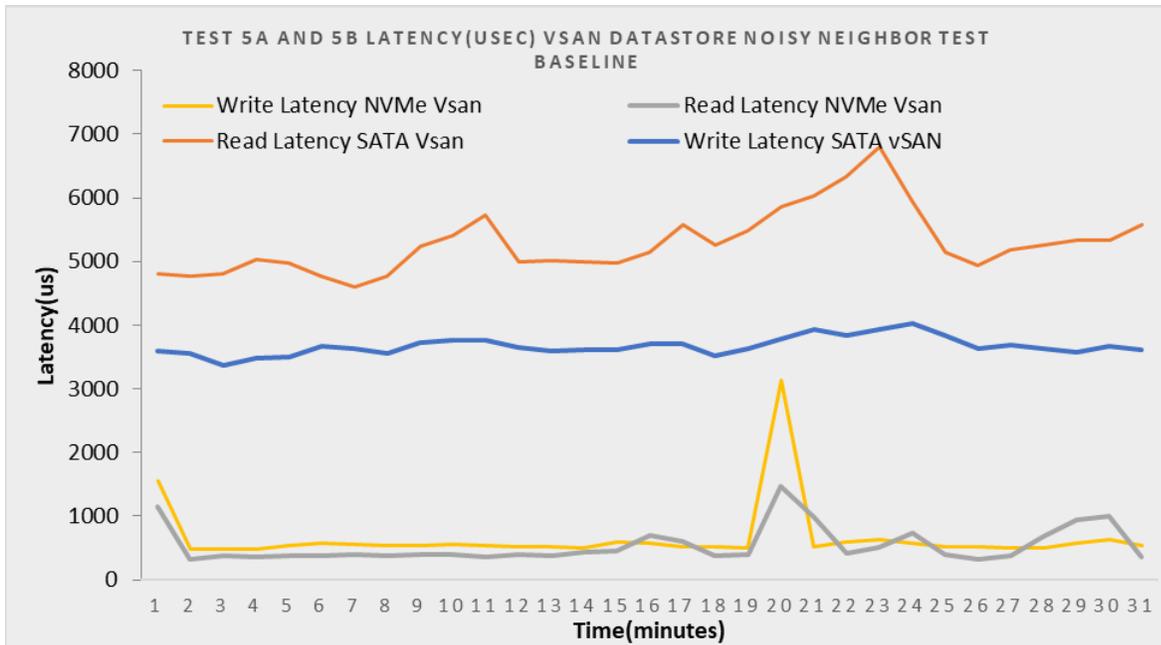


圖 6.5 測試 5a 和 5b，擾鄰延遲、DC1500M NVMe 和美光 5200 ECO vSAN 資料存放區

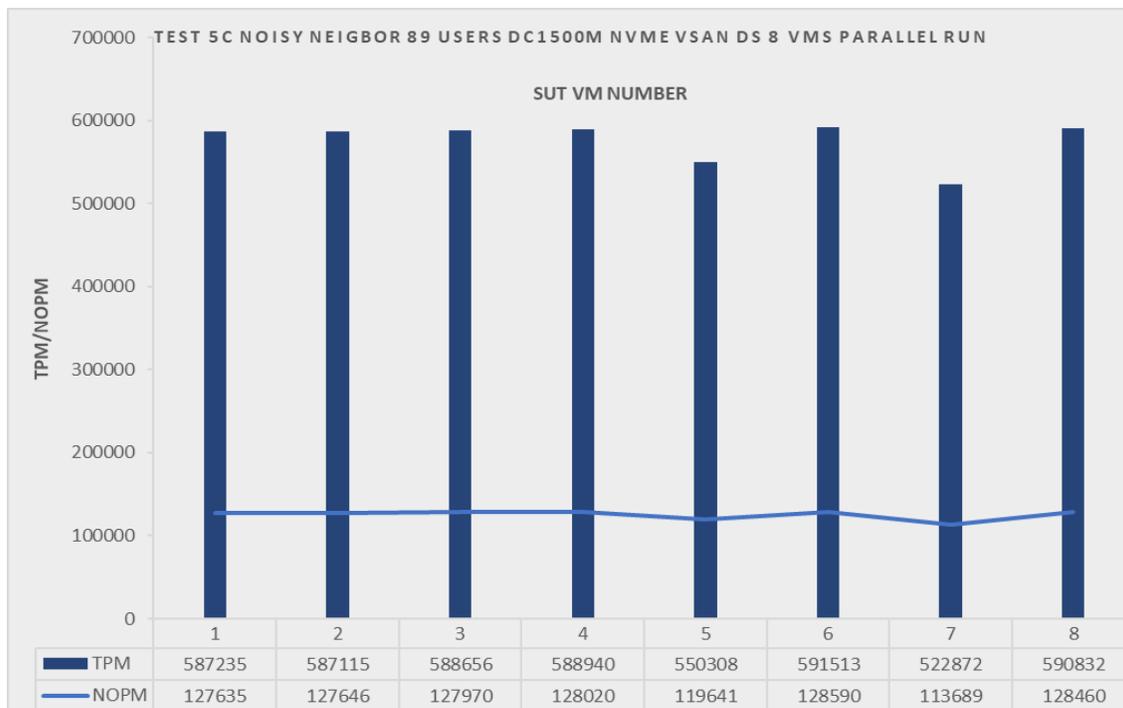


圖 6.6 測試 5c，TPM、實施擾鄰、8 個 VM 平行執行、DC1500M NVMe vSAN 資料存放區

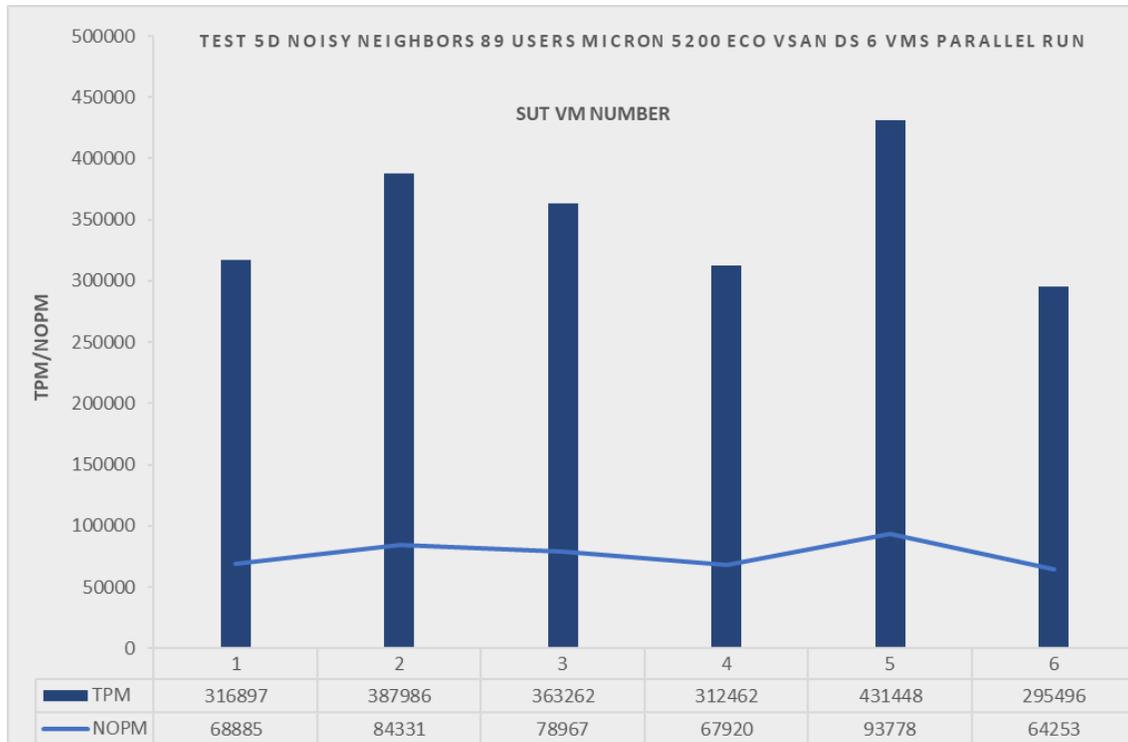


圖 6.7 測試 5d，TPM、實施擾鄰、6 個 VM 平行執行、美光 5200 ECO vSAN 資料存放區

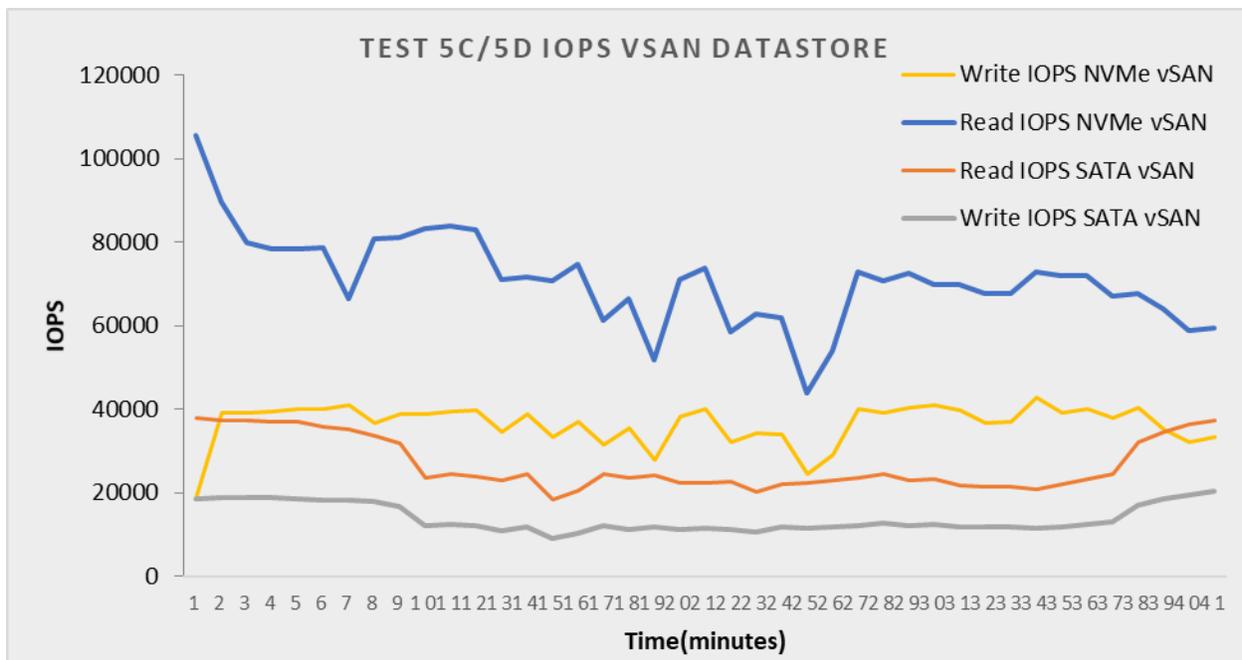


圖 6.8 測試 5c/5d，IOPS、實施擾鄰、NVMe vs SATA SSD vSAN 資料存放區

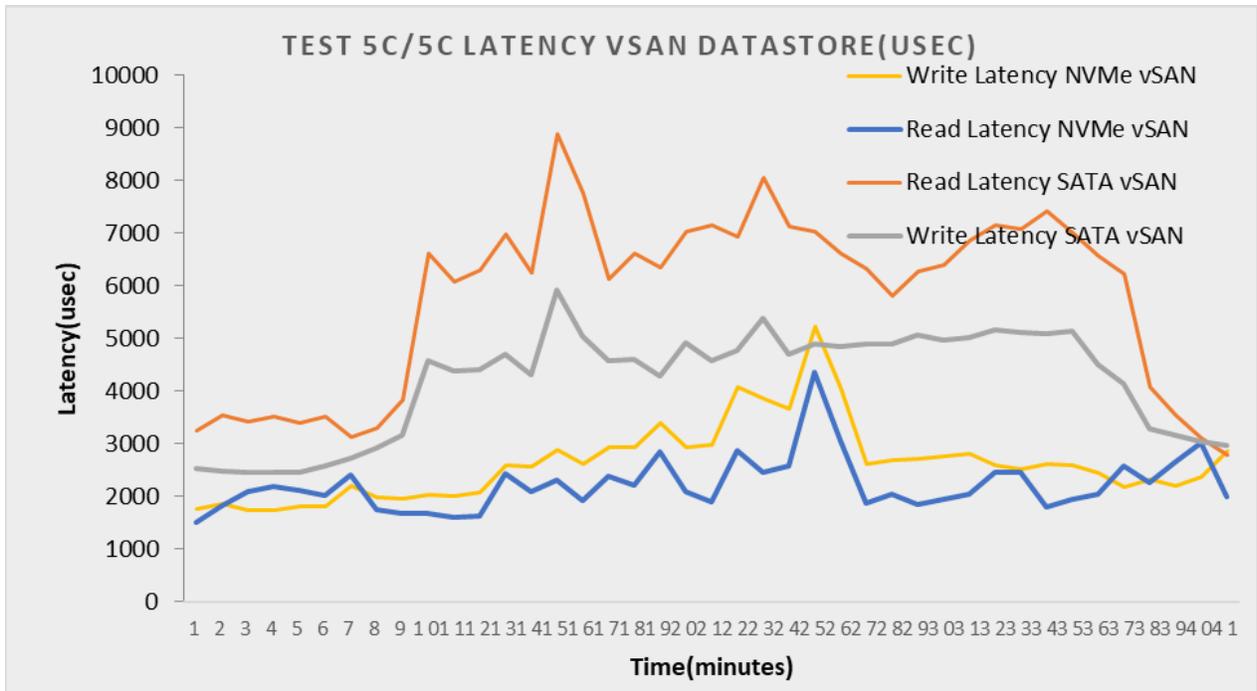


圖6.9 測試5c/5d，延遲、實施擾鄰、NVMe vs SATA SSD vSAN 資料存放區

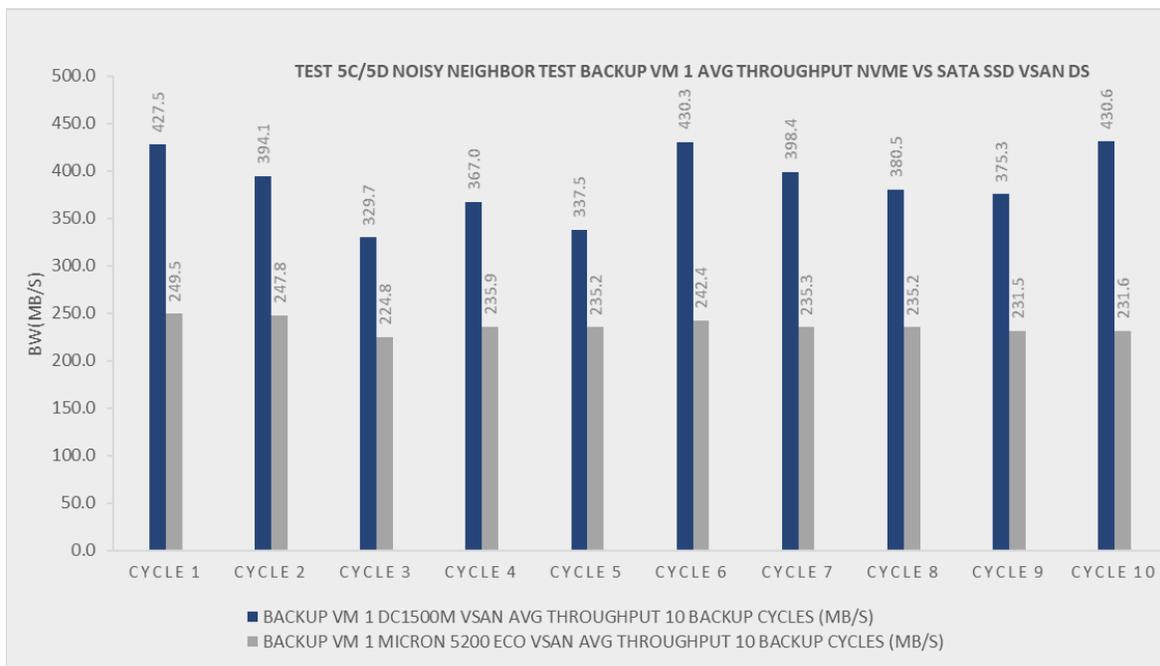


圖6.10 測試5c/5d，備份VM事務處理能力、實施擾鄰、NVMe vs SATA SSD vSAN 資料存放區

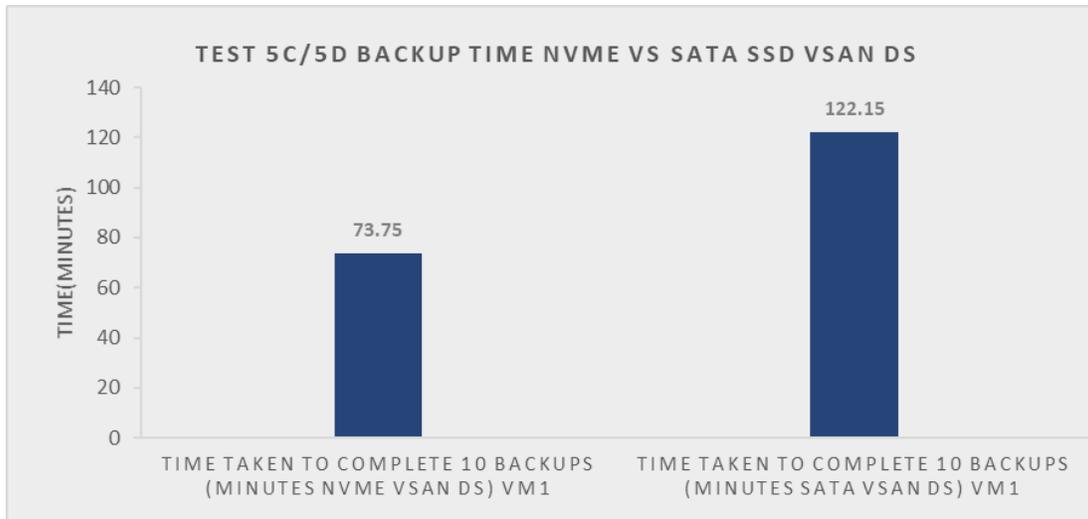


圖 6.11 測試 5c/5d，備份 VM 完成所需時間、執行 10 個週期、實施擾鄰、NVMe vs SATA SSD vSAN 資料存放區

總結

在本白皮書中，我們展示了將您的資料庫工作負載整合到 NVMe，進而協助您將現有硬體效能最大化的方法，因其具備極佳的效率和近乎 0 的 IO 等候時間，這使您可使用較少的 CPU 核心來達到相同的事件處理能力。我們也提供了一些企業級 SATA SSD 固態硬碟的比較，說明將您的 SQL 工作負載遷移到 NVMe 支援資料存放區，可讓應用系統的事件處理能力翻倍，同時提供毫秒等級的延遲。我們接著展示了 NVMe 協助緩解對第一層應用系統的影響，而讓不想要的工作負載 (如資料庫備份/還原作業) 能更快地完成。

Kingston 企業級 NVMe SSD 固態硬碟 [DC1500M](#) 與 Kingston 伺服器記憶體 (Server Premier) 搭配使用，針對希望將其資料庫基礎架構虛擬化並將其工作負載效率最大化的使用者，提供出色的解決方案。

請造訪 <https://www.kingston.com/en/solutions/servers-data-centers> 了解 Kingston 資料中心解決方案的詳細資訊

參考資料

HammerDB，(n.d.)，[了解 TPCC 工作負載](https://www.hammerdb.com/docs3.3/ch03s05.html)。取自 <https://www.hammerdb.com/docs3.3/ch03s05.html>

TPCC 首頁，(n.d.)，取自 <https://www.tpc.org/>