

Kingston의 DC1500M 기업용 NVMe SSD(Solid-State Drive) 및 VMware vSAN HCI를 통해 TCO를 줄이고 탄력적이고 응답성이 뛰어난 데이터베이스를 구축하십시오

작성자: Hazem Awadallah, 시스템 엔지니어, Kingston Technology

검토자: Chris Selden, SSD 제품 엔지니어링 관리자, Kingston Technology



목차

- 총괄 요약
- 오늘날 데이터 센터에서 RDBMS가 직면한 일반적인 인프라 문제
- 솔루션: Kingston Technology 데이터 센터 DC1500M 기업용 NVMe SSD 소개
- 테스트 환경
 - o <u>I. 인프라</u>
 - o Ⅱ. 데이터베이스 구성
 - o III. vSAN 스토리지 성능
- 테스트결과
 - o 테스트 1, 다양한 DRAM 용량이 포함된 DC1500M 960GB vSAN SQL Server 2017 VM
 - o <u>테스트 1 결과, 다양한 DRAM 용량이 포함된 DC1500M 960GB vSAN SQL Server 2017</u> VM
 - o <u>테스트 2: Kingston DC500M SATA SSD, Micron 5200 에코 SATA SSD 및 DC1500M NVMe</u> SSD vSAN 데이터스토어에서 SQL Server 2017 성능 비교
 - o <u>테스트 2 결과: Kingston DC500M SATA SSD, Micron 5200</u> 에코 SATA SSD 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어에서 SQL Server 2017 성능 비교
 - o <u>테스트 3: SQL Server 2017 성능 비교, DC1500M NVMe 대 Micron 5200 에코 SATA vSAN 데이터스토어, 더 큰 스키마 크기 및 더 긴 테스트 기간</u>
 - o <u>테스트 3 결과: SQL Server 2017 성능 비교, DC1500M NVMe 대 Micron 5200 에코 SATA vSAN 데이터스토어, 더 큰 스키마 크기 및 더 긴 테스트 기간</u>
 - o <u>테스트 4: SQL Server 2017 성능 비교, 백업 및 복구 성능, DC1500M NVMe 대 Micron</u> 5200 에코 SATA vSAN
 - o <u>테스트 4: 결과: SQL Server 2017 성능 비교, 백업 및 복구 성능, DC1500M NVMe 대</u> Micron 5200 에코 SATA vSAN
 - o <u>테스트 5: SQL Server 2017 성능 비교, Noisy Neighbor 테스트, DC1500M NVMe 대</u> Micron 5200 에코 SATA vSAN
 - o <u>테스트 5 결과: SQL Server 2017 성능 비교, Noisy Neighbor 테스트, DC1500M NVMe</u> 대 Micron 5200 에코 SATA vSAN

결론



총괄 요약

최근 몇 년 동안 NVMe의 도입은 데이터 스토리지 분야에 혁명을 일으켰으며 NAND 플래시의 성능을 극대화하며 풍부한 기능, 저비용, 고대역폭 및 미래 보장형 확장 버스 표준인 PCI Express를 활용함에 있어 큰 도약을 이뤘습니다. 현재 5세대인 PCIe Gen5는 레인당 최대 8GB/s의 전송 속도를 허용하여 스토리지 스택에서 확장 버스 병목 현상을 제거하고 SSD 컨트롤러와 NAND 플래시뿐만 아니라 하드웨어 스택 전반에 걸쳐 혁신과 발전 면에서 전진을 이뤄냅니다. 프로세서, 섀시 설계, 마더보드 및 하드웨어 IO 토폴로지는 추가된 대역폭을 지원하기 위해 끊임없이 발전하고 있습니다. 데이터 센터에서, 네트워크 토폴로지는 NVMe를 수용하기 위해 큰 변화를 겪고 있습니다. NVMe-OF 사양과 함께 네트워크 인터페이스, 스위치 및 전송 프로토콜이 변경되었으며 QoS 및 무손실 패킷 전송을 유지하면서 증가된 대역폭을 지원하도록 지속적으로 개선됩니다.

그러나 NVM의 도입은 애플리케이션 성능에 어떤 영향을 미칩니까? 스토리지 설치 공간을 줄이면서 트랜잭션 처리량을 개선하고 트랜잭션 응답 시간을 단축할 수 있습니까? 데이터베이스백업 시간을 대폭 줄여 Noisy Neighbor 문제를 완화하고 생산 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있습니까? 이 문서에서는 TPCC 사양에 의해 정의된 일반적인 OLTP 워크로드를 검사하여 이러한 질문에 답하려고 시도하며 현실적인 시나리오에서 NVMe가 트랜잭션 성능에 미치는 영향을 보여주기 위한 몇 가지 실제 비교를 제공합니다.

오늘날 데이터 센터에서 RDBMS가 직면한 일반적인 인프라 문제

비용, 용량 계획 및 확장성

지난 20년 동안 인터넷 대역폭, 처리 속도 및 데이터 분석 붐의 엄청난 향상으로 인해 생산 OLTP 데이터베이스는 애플리케이션 및 인프라 설계자가 계획한 것보다 훨씬 빠르게 성장하고 있습니다. 기본 스토리지 및 네트워크 아키텍처는 시간이 지남에 따라 증가하는 수요에 맞도록 확장성을 갖추고 비용, 관리 용이성 및 성능 간의 균형을 유지할 수 있도록 처음부터 구축되어야 합니다. 로컬 데이터 센터에 애플리케이션을 구축하거나 laaS/PaaS 클라우드 서비스 사용을 선택하는 것은 어려운 설계 결정이 됩니다. 로컬 데이터 센터에서 애플리케이션을 계속 실행하면 솔루션 설계자가 확장성, 보안성, 복원력 및 성능을 완벽하게 제어할 수 있지만, 세심한 계획이 필요하며 때로는 막대한 초기 비용이 소요됩니다. laaS/PaaS 클라우드 서비스를 사용하면 구축 속도가 빨라지고 확장성이 간소화되지만 성능, 복원력에 대한 제어 능력이 떨어지며 애플리케이션이 확장됨에 따라 비용이 빠르게 증가할 수 있습니다. 일부 조직에서는 더 중요한 계층 1 애플리케이션이 로컬 데이터 센터에 상주하고 계층 2 및 레거시 애플리케이션은 클라우드로 마이그레이션될 수 있는 하이브리드 접근 방식을 선호합니다. 사내 보관 애플리케이션의 경우, All-Flash Disk 그룹이 포함된 VMware vSAN과 같은 하이퍼 컨버지드 인프라 솔루션을 통해 비용, 단순성, 성능 및 확장 용이성 간의 적절한 균형을 제공합니다.



복원성

계층 1 애플리케이션은 전체 하드웨어 스택에서 두 개 이상의 하드웨어 장애를 견딜 수 있는 인프라로 구축되거나 마이그레이션되어야 합니다. 올바르게 계획되지 않은 경우, 데이터 센터의 장비 장애로 인한 서비스 중단 또는 최악의 경우 영구적인 데이터 손실에 따른 상당한 금전적 손실이 발생할 수 있습니다. 공유 스토리지 환경에서는 스토리지 장애 및 구성 요소 성능 과부하를 견딜 수 있도록 기본 인프라가 구축되도록 세심한 계획을 수립해야 합니다.

예를 들어, vSAN을 사용하는 경우 애플리케이션 및 데이터베이스 VM이 하나 이상의 컴퓨터, 네트워크 또는 스토리지 장애로부터 보호되도록 하려면 vSphere High Availability(HA)를 사용하도록 설정된 상태에서 계층 1 애플리케이션의 최소 FTT(장애 허용)가 1이어야 합니다. 또한 vSphere DRS(Distributed Resource Scheduler)를 사용하여 클러스터의 물리적 서버 간에 CPU/메모리 리소스를 로드 밸런싱할 수 있습니다.

다양한 성능 기대치

더 많은 사용자가 백엔드 데이터베이스에 더 높은 트랜잭션 부하를 배치하면서 OLTP 애플리케이션이 계속 확장됨에 따라 더 높은 트랜잭션 속도와 더 짧은 대기 시간에 대한 요구가 계속해서 증가하고 있습니다. 애플리케이션 설계자는 이러한 증가하는 수요를 지원할 수 있고 서로 다른 스토리지 계층 간의 마이그레이션할 수 있을 만큼 충분히 유연한 스토리지 인프라를 계획해야 합니다. 예를 들어, SAN 스토리지 어레이에서 프로비저닝된 가상 디스크에 상주하는 SQL 데이터베이스는 VMware의 스토리지 VMotion을 사용하여 NVMe와 같은 더 빠른 스토리지 계층이 있는 NVMe All-Flash vSAN 데이터스토어로 마이그레이션할 수 있습니다.

Noisy Neighbor 딜레마

핵심 워크로드에 실행에 필요한 리소스가 있을 수 있도록 인프라를 설계하는 것이 필수적입니다. 여러 워크로드가 있는 공유 스토리지 환경에서 성능을 예측할 수 없게 되고 비정상적인 워크로드로 인해 주요 생산 워크로드에 문제가 발생할 수 있습니다. 이것은 Noisy Neighbor 문제에 대한 정의입니다. 예를 들어, 이 문서의 뒷부분에서 볼 수 있듯이, 한 서버에서 예약되지 않은 데이터베이스 백업 작업이 스토리지와 네트워크 리소스를 소비하고 동일한 리소스를 사용하는 다른 서버의 성능과 대기 시간에 영향을 미칠 수 있습니다.

Kington DC1500M 기업용 NVMe SSD 소개

Kingston DC1500M 은 Kingston에서 제공하는 최신 기업용 U.2 PCIe 3.0x4 NVMe이며 용량 범위는 960GB-7680GB입니다. 16채널 컨트롤러와 3D TLC NAND가 장착된 이 제품은 최저 대기 시간을 유지하면서 기업 워크로드의 지속적인 고성능과 일관성을 보장하기 위해 엄격한 서비스 품질(QoS) 요구 사항을 충족하도록 설계되었습니다. 기업용 펌웨어는 오버프로비저닝, 다중 네임스페이스(최대 64개의 네임스페이스 지원)와 같은 기능뿐만 아니라 드라이브의 전체 수명주기 동안 기업 워크로드의 안정성을 보장하기 위한 보다 정교한 ECC 알고리즘도 지원합니다.

SATA SSD가 여전히 데이터 센터에서 가장 널리 사용되는 SSD이므로 이 문서에서는 Kingston의 DC1500M NVMe와 같은 기업용 NVMe SSD에서 스토리지 인프라를 마이그레이션하거나 구축하면 위에서 언급한 몇 가지 문제를 해결하는 데 도움이 된다는 것을 보여주는 것을 목표로 합니다.



내부 테스트에서 단일 Kingston DC1500M NVMe SSD는 거의 또는 전혀 비용 패리티 없이 1 Micron 5200 에코 기업용 SATA SSD에 비해 최대 6.5배의 처리량 향상과 5.6배의 대기 시간 단축을 제공합니다(아래 그림 b).

하이퍼컨버지드 환경에서 이러한 수준의 성능은 SQL 서버 데이터베이스의 트랜잭션 처리량을 높이고 대기 시간을 단축합니다. 또한 스토리지 설치 공간이 줄어들고 전력 소비량도 감소합니다. 이 예에서 DC1500M 드라이브 1개의 처리량과 일치하려면 6 Micron 5200 에코 드라이브가 필요합니다. 이 성능이 VMware vSAN의 실제 SQL OLTP 워크로드로 어떻게 변환되는지 나중에 살펴보겠습니다.

또한 DC1500M과 같은 NVMe SSD가 SATA SSD에 비해 성능이 크게 향상되었기 때문에 공유 하이퍼 컨버지드 환경에 NVMe SSD를

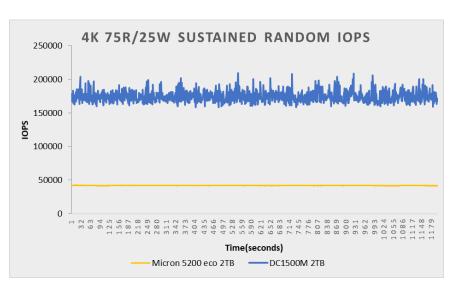
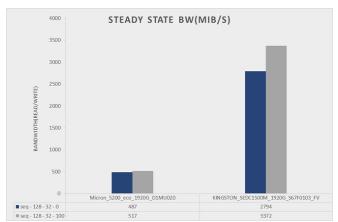


그림 a) DC1500M 1920G 와 Micron 5200 ECO 1920G SATA SSD의 초 단위 IOPS 비교. SSD가 안정적인 성능 상태에 도달한 후 fio v3.17을 사용하여 Linux 시스템에 보조로 연결된 단일 물리적 드라이브에서 테스트했습니다. 4k의 블록 크기, 75%의 읽기 비율 및 32의 대기열 깊이를 기반으로 함

도입하면 계층 1 애플리케이션에 대한 Noisy Neighbor 문제의 영향을 줄일 수 있습니다. DC1500M과 같은 기업용 NVMe SSD는 생산 시간 중 백업/복구 작업과 같은 예기치 않은 워크로드를 훨씬 빠른속도로 완료할 수 있으며, 이 문서의 뒷부분에 나오는 Noisy Neighbor 테스트에서 볼 수 있듯이 계층 1 미션 크리티컬 생산 워크로드에 대해 낮은 대기 시간과 높은 트랜잭션 처리량을 계속 유지합니다.



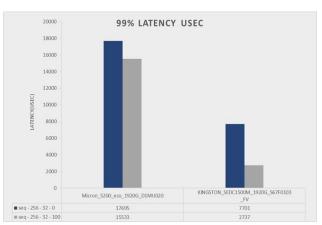


그림 b) 순차적 BW(MB/s) 읽기/쓰기 및 대기 시간(usec) 비교 DC1500M 1920G와 Micron 5200 ECO 1920G SATA SSD. SSD가 안정적인 성능 상태에 도달한 후 fio v3.17을 사용하여 Linux 시스템에 보조로 연결된 단일 물리적 드라이브에서 테스트함. 256k의 블록 크기 및 32의 대기열 깊이를 기반으로 함



테스트 환경

1. 인프라

테스트 환경은 아래 그림 1.1과 1.2에 나와 있습니다. 당사는 VMware vSAN이 하이퍼컨버지드, 가상화 환경을 위한 확장성, 복원성, 중앙집중식 및 비용 효율적인 스토리지 옵션이기 때문에 HCI로 선택했습니다.

VMware vSAN을 사용하면 사용자가 여러 서버의 로컬 스토리지 장치를 vSAN 클러스터의 모든호스트 간에 공유되는 단일 데이터스토어로 집계할 수 있습니다. 각 서버의 물리적 디스크는 1개의 드라이브/디스크 그룹이 캐시 장치로 사용되고 최대 7개의 드라이브/디스크 그룹이 용량 장치로 사용되는 디스크 그룹에 배치됩니다. 서버는 최대 5개의 디스크 그룹을 가질 수 있으므로 vSAN 클러스터에 기여하는 용량 디바이스/서버는 최대 35개입니다. vSAN 클러스터에 있는 모든 ESXi 호스트의 디스크 그룹이 결합되어 vSAN 데이터스토어를 생성하며 호스트와 vSAN 데이터스토어 간의 트래픽은 vSAN 전용 네트워크를 통해 격리됩니다(All Flash vSAN의 경우 10Gbps 이상 필요). 이를 통해 관리자는 작은 스토리지 설치 공간에서 시작하여 필요에 따라 용량을 확장할 수 있도록 스토리지 노드를 추가하고(클러스터당 최대 64개의 노드) 특정 VM에 대한 성능 요구사항을 비교적 쉽게 제어할 수 있습니다.

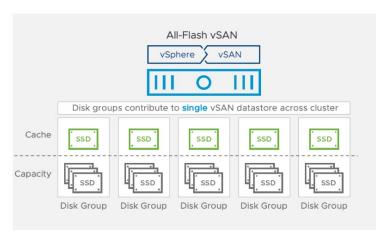


그림 1 All Flash vSAN 아키텍처

vSAN은 스토리지 정책을 사용하여 특정 가상 디스크에 대한 보호 및 스트라이핑 수준을 지정합니다.
vSAN은 기본 스토리지 정책을 사용하여 vSAN 데이터스토어에서 프로비저닝된 모든 개체를 미러링하지만 관리자는 vSAN 데이터스토어에서 VM에 프로비저닝된 가상 디스크의 보호수준을 세부적으로 제어할 수 있습니다. 예를 들어, SQL 데이터 드라이브 VMDK가 클러스터(전체서버, 디스크 또는 네트워크

인터페이스)에서 하나 이상의 오류를 허용하도록 하기 위해 기본 FTT(장애 허용) 수준을 1로 지정할 수 있습니다. VMDK 개체의 RAID-1 미러는 vSAN 클러스터의 한 호스트에 하나의 복제본 구성 요소와 다른 호스트에 있는 다른 복제본 구성 요소로 생성됩니다. 마찬가지로 관리자는 백업 드라이브 VMdk가 복원력과 최대 성능을 갖지 않도록 하려면 FTT가 0인 RAID 0(스트라이핑 전용) 스토리지 정책을 지정할 수 있습니다. 이는 SQL AlwaysOn 페일오버 클러스터링을 통해 VM이 고가용성이거나 Commvault 또는 NetBackup과 같은 일반적인 백업 솔루션을 통해 데이터베이스가 정기적으로 백업되는 경우입니다.

Kingston Technology SSD 테스트 및 검증 실험실과 본 문서에서는 8개의 2.5" NVMe 및 16개의 2.5" SATA/SAS 드라이브 베이/서버를 지원하는 3대의 PowerEdge R740xD 서버와 SATA SSD 테스트를 위한 vSAN 트래픽용 Cisco Nexus 5k 스위치 2개를 지원하는 전용 10Gb 네트워크를 사용했습니다. NVMe 테스트를 위해 vSAN 트래픽용 Cisco 9k 스위치 1개가 지원하는 전용 40Gb 네트워크와 함께 4 노드 Big



Twin Supermicro SYS-2029BT-HNR 슈퍼 서버를 사용했습니다. 테스트에서는 Guest VM 가상 디스크에 할당된 사용자 지정 스토리지 정책(FTT=0)을 사용하여 이 문서에서 수행된 모든 테스트에서 블록스토리지 성능을 극대화했습니다. 당사가 수행한 다양한 테스트에서는 아래 각 테스트 결과의 시작부분에 문서화되어 있는 서로 다른 SSD를 사용했지만 SATA 및 NVMe 테스트에서는 디스크 그룹당용량이 동일한 3개의 물리적 드라이브를 표준으로 사용했습니다. 비교 테스트를 위해 인기 있는 Micron 5200 에코 SATA SSD를 선택했습니다. 관리 및 VMotion 트래픽의 경우, Netgear JGS524PE 24포트관리형 스위치 1개로 지원되는 1Gb 네트워크를 사용했습니다.

NVMe 테스트 환경(하드웨어)	SATA/SAS/HYBRID 테스트 환경(하드웨어)
6개의 핫 스왑 2.5" NVMe 드라이브	8개의 2.5" NVMe와 16개의 2.5" SATA/SAS
베이/서버가 있는 Supermicro SYS-2029BT-HNR	드라이브 베이/서버가 있는 PowerEdge Dell
4 노드 클러스터	R740xD 3 노드 클러스터
2.10GHz x8에서 Intel(R) Xeon(R) Gold 6252	2.20GHz x8에서 Intel(R) Xeon(R) Silver 4114
CPU(48c/96t)	CPU(10c/20t)
64x32GB Kingston DDR4-2933 2Rx4 ECC REG DIMM(노드당 16x32GB), 512GB/노드, 2048GB/클러스터	2400MHz/노드, 2304GB/클러스터에서 768GB 24x32GB Kingston 듀얼 랭크 ECC 메모리
vSAN 네트워크 트래픽용 2xCisco nexus	vSAN 네트워크 트래픽 전용 1xCisco Nexus
N5K-C5010 20포트 10Gbe 데이터 센터 클래스	9332PQ 스위치 32포트 40Gbe 데이터 센터
스위치	클래스 스위치
	HBA 패스스루 모드로 구성된 PERC H740P

그림 1.1 테스트에 사용된 하드웨어

NVMe 테스트 환경(OS 및 소프트웨어)	SATA 테스트 환경(OS 및 소프트웨어)
Hypervisor: VMware ESXi, 7.0.3, 19193900	Hypervisor: VMware ESXi, 7.0.3, 19193900
vSAN 7U3c(VMware ESXi, 7.0.3, 19193900 +	vSAN 7U3c(VMware ESXi, 7.0.3, 19193900 +
VMware VirtualCenter 7.0.3 build-19234570)	VMware VirtualCenter 7.0.3 build-19234570)
게스트 OS: Windows Server 2019 Datacenter,	게스트 OS: Windows Server 2019 Datacenter,
v1809	v1809
Microsoft SQL Server 2017(RTM) -	Microsoft SQL Server 2017(RTM) -
14.0.1000.169(X64)	14.0.1000.169(X64)
HammerDB-v3.2	HammerDB-v3.2
HCIBench 2.5.3	HCIBench 2.5.3

그림 1.2: OS 및 소프트웨어

Ⅱ. 데이터베이스 구성

여기에서 수행된 테스트에서는 SQL Server 2017 및 데이터, 로그 및 백업을 위해 vSAN 데이터스토어에서 프로비저닝된 별도의 VMDK가 있는 Server 2019 Guest VM을 사용했습니다. HammerDB는 OLTP 애플리케이션용 TPCC 벤치마크 및 데이터 분석 워크로드용 TPC-H 벤치마크 실행을 지원하는 오픈 소스 데이터베이스 부하 테스트 애플리케이션입니다. 이 문서의 다양한



테스트 전반에 걸쳐 OLTP 트랜잭션 워크로드를 시뮬레이션하고 테스트 결과의 적합성과 신뢰성을 보장하기 위해 TPCC 벤치마크 사양이 선택되었습니다.

TPCC 벤치마크(tpc.org(TPCC 홈)에서 사용할 수 있는 공식 정의)는 고객의 주문을 이행하여 회사의 제품을 공급하기 위한 컴퓨터 시스템을 구현하는 잘 알려진 업계 표준 OLTP 벤치마크입니다. 이회사는 100,000개의 품목을 판매하며 재고를 창고에 보관합니다. 각 창고에는 10개의 판매 구역이 있으며 각 구역은 3,000명의 고객에게 서비스를 제공합니다. 고객은 운영자가 주문을 받는 회사에 전화를 걸며, 각 주문에는 여러 품목이 포함되고, 주문은 일반적으로 현지 창고에서 이루어집니다. 그러나 일부 품목은 특정 시전에 재고가 없을 수 있으며, 이 경우에는 대체 창고에서 공급됩니다. 기업 규모는 고정되어 있지 않으며 회사가 성장함에 따라 창고와 판매 구역을 추가할 수 있다는 점에 주의해야 합니다. 이러한 이유로 테스트 스키마는 원하는 만큼 작거나 클 수 있으며, 스키마가 클수록 TPC-C 데이터베이스가 커지고 증가된 수준의 트랜잭션(HammerDB)을 처리하기 위한 강력한 컴퓨터 시스템이 필요합니다.

이 문서에서는 각 테스트의 시작 부분에 문서화되고 테스트 결과에 설명된 창고 수(스키마 크기) 및 가상 사용자 수를 사용하여 다양한 테스트를 실행합니다. 모든 테스트 실행 동안 Windows PowerShell의 기본 모듈 Get-counter와 vCenter 서버에서 사용 가능한 vSAN 성능 모니터를 사용하여 CPU, 네트워크, 메모리 및 디스크 통계를 동시에 캡처하면서 각 테스트 실행의 Hammer DB 결과를 기록합니다.

III. vSAN 스토리지 성능

SQL 테스트를 실행하기 전에 이 문서에서 중점적으로 다루는 구성에 대해 vSAN 데이터스토어의 성능을 테스트하여 DC1500M NVMe 및 Micron 5200 에코 SATA SSD vSAN 데이터스토어에서 기대할수 있는 성능 수준을 평가했습니다. 당사는 vSAN 클러스터의 모든 호스트에 분산된 여러 VM을 배포하는 동시에 모든 게스트 VM에서 Vdbench를 사용하여 특정 워크로드를 병렬로 실행하는 자동화 툴킷인 vSAN 데이터스토어-HClBench v2.5.3을 벤치마킹하기 위해 VMware의 권장 도구를 사용했습니다. DC1500M NVMe vSAN 클러스터 및 Micron 5200 에코 SATA 클러스터에서 6개의 VM으로 실행한 몇 가지 결과를 제시합니다.

그림 1.3 및 1.4는 DC1500M NVMe vSAN 데이터스토어 및 Micron 5200 에코 SATA SSD vSAN 데이터스토어에 대해 30분 동안 다양한 블록 크기로 70% 읽기, 30% 쓰기 랜덤 워크로드가 지속되는 혼합 워크로드 결과를 보여줍니다. 4k 블록 크기에서, DC1500M NVMe vSAN 데이터스토어는 SATA SSD vSAN 데이터스토어보다 2배 많은 70%R/30%W IOPS(355k 대 178K)를 제공할 수 있으며 각 IO가 33% 더 빠르게 완료됩니다(SATA SSD vSAN의 경우 0.4ms 대 0.6ms). IO 전송 크기가 증가함에 따라 NVMe 성능 이점이 명확해집니다. 64k 70% 읽기, 30% 쓰기 랜덤 워크로드를 살펴보면 NVMe vSAN 데이터스토어는 IO당 66% 더 나은 대기 시간으로 3배 더 많은 IOPS(121240 대 31756)를 제공할 수 있습니다(SATA SSD vSAN의 경우 2.1ms 대 6.4ms).

그림 1.5 및 1.6은 다양한 블록 크기를 사용하는 DC1500M NVMe 및 Micron 5200 에코 SATA SSD vSAN 데이터스토어에 대한 HClBench 지속 읽기 및 쓰기 처리량과 대기 시간 비교를 보여줍니다. DC1500M NVMe 데이터스토어에서 17.8GB/s(128k)의 처리량, SATA SSD vSAN 데이터스토어에서 6.3배의 읽기 처리량(2.79GB/s) 및 5배 더 낮은 대기 시간(SATA vSAN의 경우 0.9ms 대 4.4ms)을 유지할 수 있었습니다. 쓰기의 경우 DC1500M vSAN은 6.7GB/s 쓰기(128k)의 처리량을 유지했으며 이는 SATA vSAN보다 5.9배 높고 대기 시간은 5배 낮은 것입니다.



SQL 성능과 관련하여 NVMe와 SATA vSAN 데이터스토어 스케일 간의 원시 성능 차이는 얼마나 확장됩니까? NVM의 성능 이점이 비용을 정당화합니까? 미션 크리티컬한 워크로드에 대한 영향을 완화하기 위해 SQL 백업 또는 복구 작업이 더 빨리 완료됩니까? 다음 섹션에서 몇 가지 실험을 수행하여 이 질문에 답하려고 합니다.

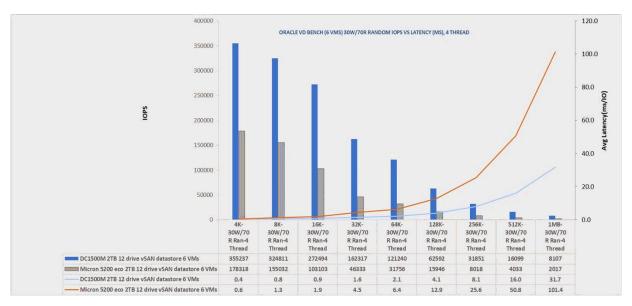


그림 1.3 DC1500M vSAN 데이터스토어 대 Micron 5200 에코 vSAN 데이터스토어, 4k 70R/30W, 랜덤, QD=8, 스레드=4, 6 VMs HCIBench IOPS 대 평균 대기 시간(ms)

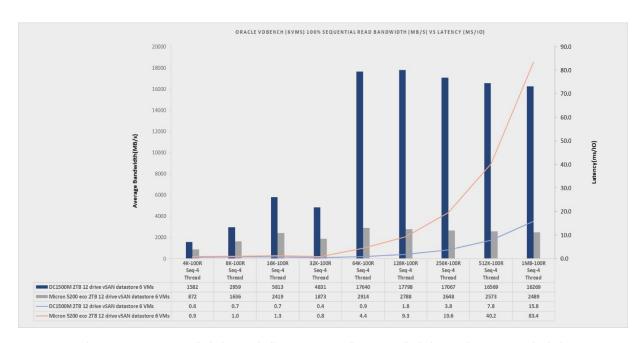


그림 1.4 DC1500M vSAN 데이터스토어 대 Micron 5200 에코 vSAN 데이터스토어, 100R/0W, 순차적, QD=8, 스레드=4, HClBench 6 VMs 읽기 처리량(MB/s) 및 평균 읽기 대기 시간(ms/IO)



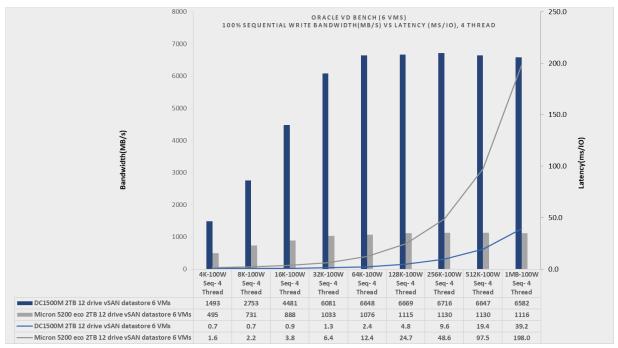


그림 1.5 DC1500M vSAN 데이터스토어 대 Micron 5200 에코 vSAN 데이터스토어, 100W/0R, 순차적, QD=8, 스레드=4, HCIBench 6 VMs 읽기 처리량(MB/s) 및 평균 읽기 대기 시간(ms/IO)

테스트 결과 테스트 1, 다양한 DRAM 용량이 포함된 DC1500M 960GB vSAN SQL Server 2017 VM

vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 DC1500M 960G FW S67F0103/디스크 그룹, 총 4개의 디스크 그룹(서버당 1개), NVMe vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter

Guest OS.		
테스트 1a 설명	테스트 1b 설명	테스트 1c 설명
NVMe 테스트 환경의 DC1500M vSAN 데이터스토어에서 프로비저닝된 가상 디스크. 100GB 데이터베이스를 나타내는 1200 창고 데이터베이스 스키마가 선택되었습니다. 테스트 대상 시스템 VM(SUT)에 16vCore 및 128GB RAM이 할당되었습니다. 16c/128GB RAM이 있는 또 다른 vSAN VM은 트랜잭션을 SUT로 보내는 로드생성 서버 역할을 하도록 프로비저닝되었습니다. 생성된 가상 사용자 시퀀스는 1,2,3,5,8,13,21,34,55,89입니다. 2분의 램프 업 시간과 5분/사용자 시퀀스 테스트 기간이 선택되었습니다.	테스트 1a와 같이, 그러나 Guest VM에 할당된 DRAM은 데이터 영역에 대한 IO를 증가시키기 위해 32GB로 줄었습니다. 원격 부하 생성 서버는 여전히 SUT로 트랜잭션을 보내는 데 사용되었지만 LGS에 할당된 DRAM도 32GB로 줄었습니다.	테스트 1a와 같이, 그러나 Guest VM에 할당된 DRAM은 데이터 영역에 대한 IO를 늘리기 위해 32GB로 줄었으며 이 테스트는 네트워크 병목 현상을 제거하기 위해 SUT VM에서 로컬로 실행되었습니다.

그림 2.1 테스트 1: DC1500M vSAN 데이터스토어 다른 DRAM 구성



테스트 1의 목표는 SQL Server에 할당된 다양한 메모리 양을 사용하여 All Flash DC1500M NVMe vSAN 데이터스토어가 있는 VMware vSAN의 SQL Server 2017에 대한 TPCC 벤치마크에서 예상되는 성능 수준에 대한 기준선을 얻는 것이었습니다. 테스트 대상 SQL 시스템(SUT)에 할당된 DRAM의 양을 변경하는 아이디어는 다음 개념을 기반으로 합니다.

- SQL 서버 데이터베이스 VM에 할당된 RAM을 줄이면 데이터 영역에 대한 IO가 증가하고 스키마를 포함하는 데이터베이스(온디스크 OLTP 데이터베이스)의 I/O 성능이 더욱 강조됩니다.
- SQL 서버 데이터베이스 VM에 충분한 DRAM이 있으면 OLTP 테스트 중에 대부분의 데이터가 캐시되고 데이터 영역에 대한 I/O가 최소화됩니다(메모리 내 OLTP 테스트).

1200 창고의 스키마 크기를 생성하여 tpcc 데이터베이스 크기가 ~100GB가 되었습니다. 첫 번째 테스트에서는 전체 스키마가 메모리에 들어갈 수 있도록 128GB DRAM을 SUT에 할당했습니다. 그런 다음 원격 로드 생성 서버(LGS)에서 가상 사용자 시퀀스를 실행하여 데이터베이스로 트랜잭션을 전송하는 사용자를 시뮬레이션하고 스키마 크기와 SQL 서버 VM에 할당된 CPU/메모리리소스의 양에 맞게 사용자를 1-89명으로 확장했습니다. 테스트가 완료된 후 TPCC 데이터베이스를 복구한 다음 SUT와 LGS에 할당된 DRAM을 32GB로 줄이고 동일한 사용자 시퀀스로 동일한 테스트를 다시 실행했습니다. 마지막으로, 테스트 대상 시스템 VM에서 동일한 테스트를 로컬로실행하여 원격 부하 생성 서버에서 발생하는 네트워크 병목 현상을 제거했습니다.

테스트 1 결과, 다양한 DRAM 용량이 포함된 DC1500M 960GB vSAN SQL Server 2017 VM

그림 2.2 및 2.3은 DC1500M vSAN 데이터스토어를 사용하여 테스트 1a, 1b, 1c에서 달성한 분당 트랜잭션(TPM) 및 분당 새 주문(NOPM)을 보여줍니다. 모든 테스트 실행에서 가상 사용자 수가 증가함에 따라 TPM 및 NOPM이 확장되는 것을 관찰합니다. 89명의 가상 사용자에서 대부분 메모리 내 OLTP 데이터베이스를 사용하는 SQL Server 2017 VM은 259,631 NOPM으로 1,113,300 TPM을 달성할 수 있었습니다. SUT 및 LGS VM에서 32GB로 할당된 DRAM을 줄였을 때 958,338 TPM 및 208311 NOPM을 달성할 수 있었지만 SUT VM에서 로컬로 테스트를 실행했을 때 경이적인 1,463,290 TPM 및 318092 NOPM을 달성했습니다!

여기에서 기업용 NVMe SSD의 대기 시간 이점을 확인할 수 있습니다. 즉, 스키마를 캐시할 메모리가 부족할 때는 트랜잭션 수가 증가하고 SQL 서버 데이터베이스가 메모리에서 트랜잭션 로그 파일에 데이터를 써야 할 때는 NVMe 가상 디스크가 충분히 빠르게 응답하여 CPU가 병목 현상이 될 때까지 트랜잭션 처리량을 높이고 확장할 수 있습니다. 그림 2.4의 테스트 1c에서 가상 사용자 89명에서도 각 사용자가 분당 16,441건의 트랜잭션을 처리할 수 있음을 알 수 있습니다. 이러한 경험적 결과를 바탕으로 NVMe 하이퍼컨버지드 인프라에 데이터베이스를 구축하면 SQL Server 2017에 할당된 추가 DRAM의 비용을 절감할 수 있다는 결론을 내릴 수 있습니다.



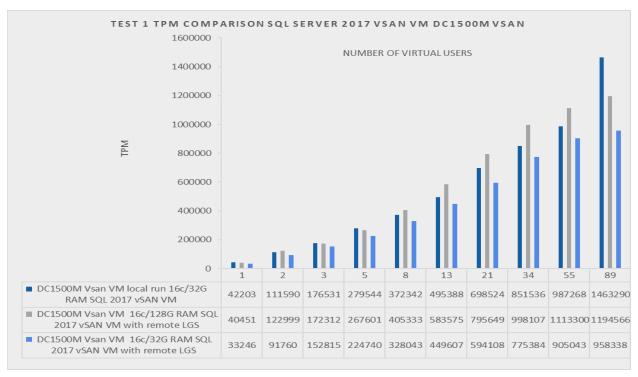


그림 2.2 테스트 1a, b, c: DC1500M vSAN 데이터스토어 TPM 비교, 다른 DRAM 크기

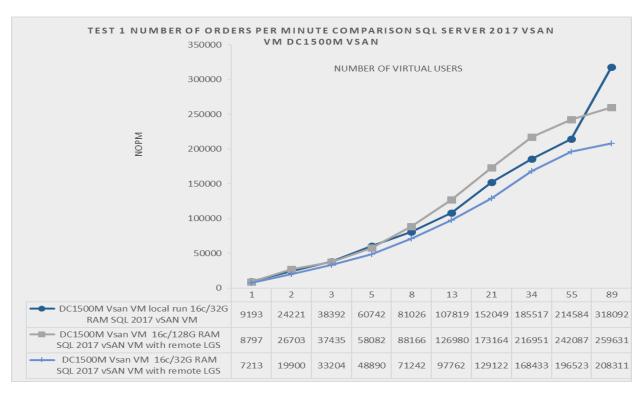


그림 2.3 테스트 1a, b, c: DC1500M vSAN 데이터스토어 NOPM 비교, 다른 DRAM 크기



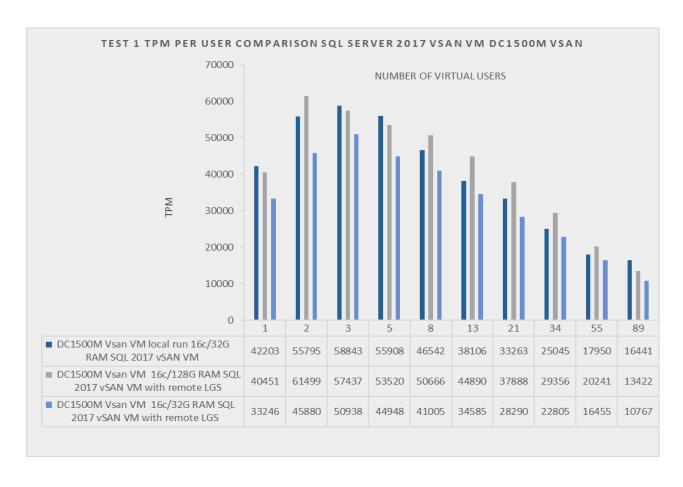


그림 2.4 테스트 1a, b, c: DC1500M vSAN 데이터스토어 TPM 비교, 다른 DRAM 크기



테스트 2: Kingston DC500M SATA SSD, Micron 5200 에코 SATA SSD 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어에서 SQL Server 2017 성능 비교

- 테스트 1a용 NVMe vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 DC1500M 960G FW S67F0103/디스크 그룹, 총 4개의 디스크 그룹(서버당 1개), NVMe vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter Guest OS. (테스트 1a)
- 테스트 1b용 SATA vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 DC500M 1920G FW SCEJK2.8/디스크 그룹, 총 3개의 디스크 그룹(서버당 1개), SATA vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter Guest OS. (테스트 1b)
- 테스트 1c용 SATA vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004/디스크 그룹, 총 3개의 디스크 그룹(서버당 1개), SATA vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter Guest OS. (테스트 1b)

테스트 2a 설명	테스트 2b 설명	테스트 2c 설명
NVMe 테스트 환경의 DC1500M vSAN	SATA 테스트 환경의 D500M vSAN	SATA 테스트 환경의 Micron 5200
데이터스토어에서 프로비저닝된	데이터스토어에서 프로비저닝된	에코 vSAN 데이터스토어에서
가상 디스크.	가상 디스크.	프로비저닝된 가상 디스크.
100GB 데이터베이스를 나타내는	100GB 데이터베이스를 나타내는	100GB 데이터베이스를 나타내는
1200 창고 데이터베이스 스키마가	1200 창고 데이터베이스 스키마가	1200 창고 데이터베이스 스키마가
선택되었습니다. 테스트 대상 시스템	선택되었습니다. 테스트 대상 시스템	선택되었습니다. 테스트 대상 시스템
VM(SUT)에 16vCore 및 32GB RAM이	VM(SUT)에 16vCore 및 32GB RAM이	VM(SUT)에 16vCore 및 32GB RAM이
할당되었습니다.	할당되었습니다.	할당되었습니다.
생성된 가상 사용자 시퀀스는	생성된 가상 사용자 시퀀스는	생성된 가상 사용자 시퀀스는
1,2,3,5,8,13,21,34,55,89입니다.	1,2,3,5,8,13,21,34,55,89입니다.	1,2,3,5,8,13,21,34,55,89입니다.
2분의 램프 업 시간과 5분/사용자	2분의 램프 업 시간과 5분/사용자	2분의 램프 업 시간과 5분/사용자
시퀀스 테스트 기간이	시퀀스 테스트 기간이	시퀀스 테스트 기간이
선택되었습니다.	선택되었습니다.	선택되었습니다.
테스트는 SUT VM에서 로컬로	테스트는 SUT VM에서 로컬로	테스트는 SUT VM에서 로컬로
실행되었습니다.	실행되었습니다.	실행되었습니다.

그림 3.1 테스트 2 설명: SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어에서 SQL Server 2017 성능 비교

테스트 2는 3개의 다른 데이터스토어, 즉 Kingston DC1500M 기업용 NVMe vSAN 데이터스토어, Kingston DC500M 및 Micron 5200 에코 SATA SSD vSAN 데이터스토어에서 로컬로 실행될 때 테스트 대상 SQL Server 2017 시스템 테스트 대상 VM에 대한 TPCC 벤치마크의 성능을 비교합니다. 테스트 2에서는 테스트 대상 SQL Server 2017 VM 시스템에서 로컬로 실행하여 데이터 영역에 대한 I/O를 늘리고 스키마가 포함된 데이터베이스의 IO 성능을 강조했으며 사용자 시퀀스를 테스트하여 1~89명의 사용자에서 스키마 크기와 SQL 서버 VM에 할당된 CPU/메모리 리소스의 양을 일치시킵니다.

테스트 2 결과: Kingston DC500M SATA SSD, Micron 5200 에코 SATA SSD 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어에서 SQL Server 2017 성능 비교

그림 3.2 및 3.3은 테스트 2a, 2b 및 2c에서 달성한 분당 트랜잭션(TPM) 및 분당 새 주문(NOPM)을 보여줍니다. 모든 테스트 실행에서 가상 사용자 수가 증가함에 따라 TPM 및 NOPM이 확장되는 것을 관찰했지만 NVMe 대 SATA의 확장은 크게 다릅니다. 89명의 가상 사용자에서 DC1500M 지원 vSAN 데이터스토어 SQL Server 2017 VM은 318,092 NOPM으로 1,463,290 TPM을 달성할 수 있습니다. 이에 비해 DC500M SQL 서버 vSAN VM의 경우 738,067 TPM/160,410 NOPM, 그리고 Micron



5200 에코 vSAN 데이터스토어의 경우 628499 TPM/136436 NOPM을 달성했습니다. 즉, NVMe 지원 vSAN 데이터스토어에서 동일한 수의 DC1500M NVMe 드라이브를 사용하면 동일한 수의 SSD가 있는 SATA 지원 vSAN 데이터스토어와 비교할 때 트랜잭션 처리량 및 분당 주문을 효과적으로 두 배로 늘릴 수 있습니다. 비즈니스 환경에서 89명의 사용자가 동시에 데이터베이스에 트랜잭션을 전송하는 경우, VMware 인프라를 업그레이드하여 DC1500M과 같은 기업용 NVMe 솔루션을 통해 지원할 경우 각 사용자가 235% 더 많은 트랜잭션(분당 더 많은 주문으로 변환)을 처리할 수 있습니다(그림 3.4).

그림 3.5는 테스트 2a, b, c의 평균 CPU 유휴 시간 대 가상 사용자 수를 보여줍니다. 이것은 가상 디스크의 효율성에 대한 효과적인 척도입니다. 트랜잭션 수가 증가하고 SQL 서버 데이터베이스가 메모리에서 트랜잭션 로그 파일로 데이터를 기록해야 할 때 가상 디스크가 얼마나 빨리 응답하는 속도입니다. 89명의 가상 사용자에서 DC1500M NVMe 지원 vSAN VM의 CPU 유휴 시간(iowait)은 DC500M 지원 VM의 37.8%, Micron 5200 지원 VM의 44.2%에 비해 15.5%입니다. 즉, NVMe 가상 디스크가 IO 요청에 훨씬 빠르게 응답하여 CPU가 IO가 완료될 때까지 유휴 상태로 기다리지 않고 더 많은 트랜잭션이 처리될 수 있도록 합니다. 비즈니스 환경에서 VMware 인프라를 NVMe로 업그레이드하면 SQL 서버 VM에 할당된 가상 코어를 보다 효율적으로 사용하여 더 느린 스토리지 계층에서 실행되는 기존 SQL VM에서 불필요한 코어를 제거함으로써 트랜잭션 처리량을 높이고 비용을 절감할 수 있습니다.

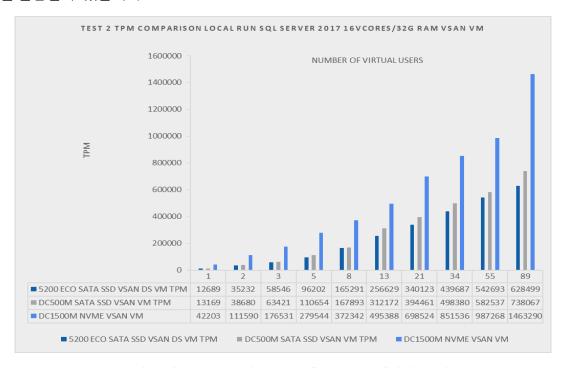


그림 3.2 테스트 2: TPM 비교, NVME 대 SATA VSAN 데이터스토어



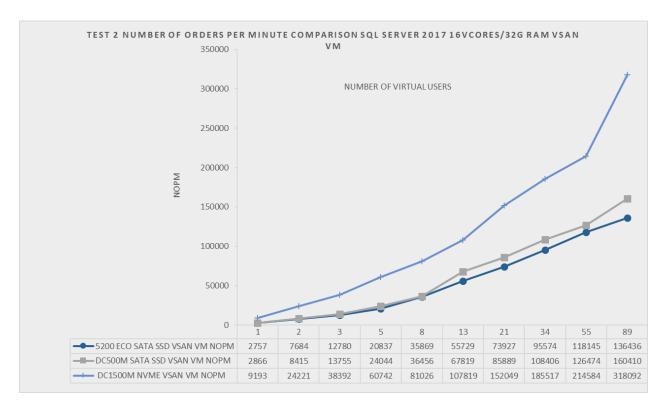


그림 3.3 테스트 2: NOPM 비교, NVME 대 SATA VSAN 데이터스토어

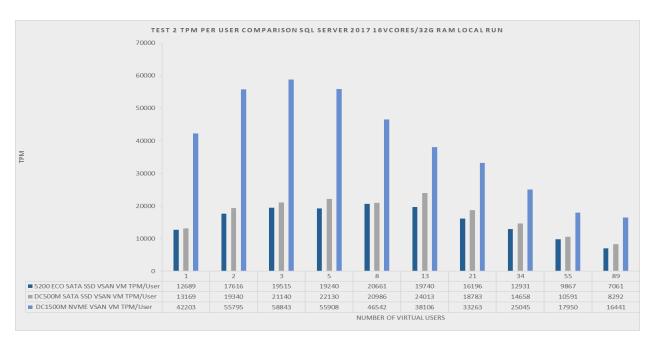


그림 3.4 테스트 2: 사용자당 TPM 비교, NVME 대 SATA VSAN 데이터스토어



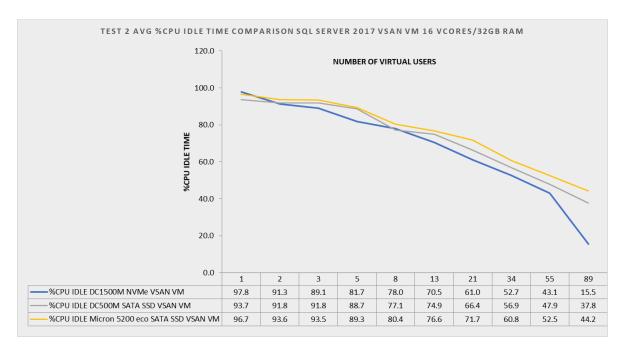


그림 3.5 데스트 2: %CPU 유휴 비교, NVME 대 SATA VSAN 데이터스토어

테스트 3: SQL Server 2017 성능 비교, DC1500M NVMe 대 Micron 5200 에코 SATA vSAN 데이터스토어, 더 큰 스키마 크기 및 더 긴 테스트 기간

- 테스트 3a용 NVMe vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 DC1500M 960G FW S67F0103/디스크 그룹, 총 4개의 디스크 그룹(서버당 1개), NVMe vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter Guest OS. (테스트 3a)
- 테스트 3b용 SATA vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004/디스크 그룹, 총 3개의 디스크 그룹(서버당 1개), SATA vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter Guest OS. (테스트 3b)

,	
테스트 3a 설명	테스트 2b 설명
NVMe 테스트 환경의 DC1500M vSAN 데이터스토어에서	SATA 테스트 환경의 Micron 5200 에코 vSAN
프로비저닝된 가상 디스크.	데이터스토어에서 프로비저닝된 가상 디스크.
157GB 데이터베이스를 나타내는 2000 창고	157GB 데이터베이스를 나타내는 2000 창고
데이터베이스 스키마가 선택되었습니다. 테스트 대상	데이터베이스 스키마가 선택되었습니다. 테스트 대상
시스템 VM(SUT)에 40vCore 및 32GB RAM이	시스템 VM(SUT)에 40vCore 및 32GB RAM이
할당되었습니다.	할당되었습니다.
생성된 가상 사용자 시퀀스는 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 89,	생성된 가상 사용자 시퀀스는 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 89,
128입니다.	128입니다.
10분의 램프 업 시간과 20분/사용자 시퀀스 테스트	10분의 램프 업 시간과 20분/사용자 시퀀스 테스트
기간이 선택되었습니다.	기간이 선택되었습니다.
테스트는 SUT VM에서 로컬로 실행되었습니다.	테스트는 SUT VM에서 로컬로 실행되었습니다.

그림 4.1 테스트 3 설명: Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어에 대한 SQL Server 2017 DB 스트레스 테스트



이 테스트는 Kingston DC1500M 기업용 NVMe vSAN 데이터스토어 및 Micron 5200 에코 SATA SSD vSAN 데이터스토어의 2개 다른 데이터스토어에서 로컬로 실행할 때 이전 결과를 검증하고 테스트 중인 SQL Server 2017 시스템 VM에 대한 TPCC 벤치마크의 성능을 비교하기 위해 더 큰 데이터베이스 스키마 크기로 더 긴 기간의 스트레스 테스트가 되도록 설계되었습니다. 이번에는 2000개 창고의 스키마 크기를 선택하여 TPC-C 데이터베이스 크기가 157GB가 되었습니다. 각 SQL Server VM에서 40개의 가상 코어를 사용하여 더 많은 트랜잭션을 생성하고 트랜잭션 처리량을 포화시키기에 충분한 CPU 리소스를 할당했지만 테스트 IO를 바인딩하기 위해 32GB의 RAM만 할당했습니다. 가상 사용자 시퀀스를 1~128명의 사용자로 확장하도록 약간 조정했으며 각 가상 사용자 시퀀스를 훨씬 더 긴 시간(20분, 증가 시간 10분) 동안 실행할 수 있도록 했습니다. 따라서 전체 테스트 실행 기간 동안 디스크 대기 시간 메트릭을 수집할 수 있었습니다.

테스트 3 결과: SQL Server 2017 성능 비교, DC1500M NVMe 대 Micron 5200 에코 SATA vSAN 데이터스토어, 더 큰 스키마 크기 및 더 긴 테스트 기간

그림 4.2 및 4.3은 테스트 3a 및 3b에서 달성한 분당 트랜잭션(TPM) 및 분당 새 주문(NOPM)을 보여줍니다. 기간이 길어져도 NVMe를 지원하는 SQL Server 2017 VM과 SATA SSD는 모두 가상 사용자 수가 128명으로 증가함에 따라 확장될 수 있지만 규모의 기울기는 NVMe에서 훨씬 더 높습니다. 89명의 사용자에서 0.96 TPM과 비교하여 1.84M TPM을 달성했으며, SATA SSD 지원 vSAN SQL VM의 경우 184451 NOPM과 비교하여 361743 NOPM을 달성했습니다. 이는 동일한 수의 vCore와 할당된 DRAM을 사용하는 Micron 5200 에코 vSAN 지원 VM에 비해 DC1500M NVMe 지원 vSAN 데이터스토어의 TPM/NOPM이 200% 증가한 것입니다.

그림 4.4 및 4.5는 SQL NVMe 및 SATA SSD 지원 vSAN VM에서 Windows perfmon을 사용하여 수집된 사용자 수와 비교하여 평균 가상 디스크 대기 시간과 99% 가상 디스크 대기 시간을 보여줍니다. 각가상 사용자 시퀀스에 대해, DC1500M 지원 가상 디스크는 사용자 수가 계속 증가하더라도 평균 대기 시간을 1ms 미만으로 유지할 수 있습니다. 89명의 가상 사용자에서 DC1500M 지원 가상 디스크의 평균 대기 시간은 0.92ms/IO인 반면 SATA SSD 지원 vdisk의 경우 2.36ms/IO로 NVMe에 비해 평균 대기 시간이 256% 증가했습니다. 보다 흥미로운 점은 89명의 사용자에서 QoS가 99% 지연된다는 점입니다. DC1500M 가상 디스크는 1.61ms 내에 모든 IO의 99%를 완료할 수 있지만 SATA SSD 지원 vdisk는 7.05ms에서 모든 IO의 99%를 완료하여 NVMe에 비해 437% 증가했습니다. 여기서 NVMe와 SATA 간의 대기 시간 차이를 강조합니다. DC1500M은 지속적인 OLTP 워크로드 전반에 걸쳐 예측 가능한 QoS 대기 시간을 유지하도록 설계되었기 때문에 가상 사용자 수가 증가하더라도 대기 시간이 갑자기 급증하지 않으므로 블록 계층에서 병렬 IO 요청이 더 많아집니다. 이는 비즈니스 관점에서 VMware 인프라를 SATA SSD에서 DC1500M과 같은 기업용 NVMe 드라이브로 업그레이드하면 트랜잭션을 확장하고 트랜잭션 대기 시간을 크게 줄여 애플리케이션을 빠르게 확장하고 시간이 지남에 따라 비용을 절감할 수 있다는 것을 의미합니다.



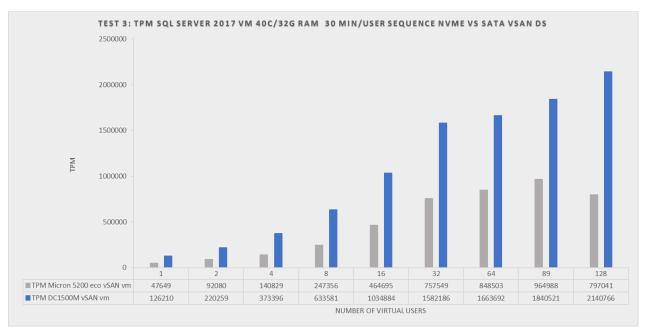


그림 4.2 테스트 3 TPM 비교, Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어의 SQL Server 2017 DB 스트레스 테스트



그림 4.3 테스트 3 TPM 비교, Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어의 SQL Server 2017 DB 스트레스 테스트



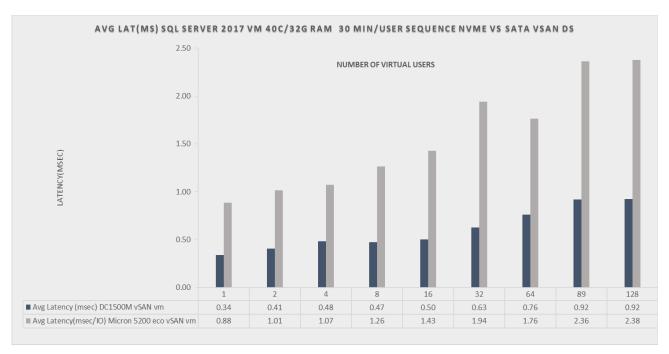


그림 4.4 테스트 3 평균 대기 시간(ms) 비교, Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어의 SQL Server 2017 DB 스트레스 테스트



그림 4.5 테스트 3 99% 대기 시간(ms) 비교, Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어의 SQL Server 2017 DB 스트레스 테스트



테스트 4: SQL Server 2017 성능 비교, 백업 및 복구 성능, DC1500M NVMe 대 Micron 5200 에코 SATA vSAN

- 테스트 3a용 NVMe vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 DC1500M 960G FW S67F0103/디스크 그룹, 총 4개의 디스크 그룹(서버당 1개), NVMe vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter Guest OS. (테스트 4a)
- 테스트 3b용 SATA vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004/디스크 그룹, 총 3개의 디스크 그룹(서버당 1개), SATA vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter Guest OS. (테스트 4b)

테스트 4a 설명	테스트 4b 설명
NVMe 테스트 환경의 DC1500M vSAN 데이터스토어에서	SATA 테스트 환경의 Micron 5200 에코 vSAN
프로비저닝된 가상 디스크.	데이터스토어에서 프로비저닝된 가상 디스크.
157GB 데이터베이스를 나타내는 2000 창고	157GB 데이터베이스를 나타내는 1200 창고
데이터베이스 스키마가 SUT에서 생성되었습니다. 테스트	데이터베이스 스키마가 SUT에서 생성되었습니다. 테스트
대상 시스템 VM(SUT)에 16vCore 및 32GB RAM이	대상 시스템 VM(SUT)에 16vCore 및 32GB RAM이
할당되었습니다.	할당되었습니다.
백업/복구 스크립트의 3사이클이 Windows 성능	백업/복구 스크립트의 3사이클이 Windows 성능
모니터로 기록된 tpcc 데이터베이스 및 성능 메트릭을	모니터로 기록된 tpcc 데이터베이스 및 성능 메트릭을
백업 및 복구하기 위해 트리거되었습니다.	백업 및 복구하기 위해 트리거되었습니다.
테스트는 SUT VM에서 로컬로 실행되었습니다.	테스트는 SUT VM에서 로컬로 실행되었습니다.

그림 5.1 테스트4 설명: Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어에서 SQL Server 2017 백업/복구 성능 비교

SQL 데이터베이스 백업 및 복구 작업은 기본 가상 디스크의 처리량과 대기 시간을 측정하는 좋은 방법입니다. 당사는 TPC-C 백업/복구 작업이 트리거될 때 Windows 성능 모니터로 가상 디스크 메트릭을 캡처하여 단일 NVMe 지원 및 SATA 지원 vSAN VM의 처리량 및 대기 시간 메트릭에 대한 기준을 설정하고자 했습니다.

테스트 4: 결과: SQL Server 2017 성능 비교, 백업 및 복구 성능, DC1500M NVMe 대 Micron 5200 에코 SATA vSAN

그림 5.2-5.4는 테스트 4a) 및 테스트 4b)에 대한 백업/복구 사이클 중 하나에 대해 Windows 성능모니터 스크립트에서 수집한 초당 처리량 및 대기 시간을 보여줍니다. DC1500M NVMe vSAN 데이터스토어가 지원하는 SQL 서버 VM은 265초 만에 TPCC 데이터베이스 백업 작업을 완료하여 평균 처리량 593MB/s와 평균 대기 시간 1.46ms/IO를 달성했습니다. TPCC 데이터베이스 복구작업은 129초 만에 완료되었으며 평균 BW는 1.4GB/s, 평균 대기 시간은 2.65ms/IO였습니다. 이를 Micron 5200 에코 vSAN 지원 VM과 비교하면 NVMe vSAN 지원 SQL VM에서 백업 작업은 1.5배, 복구작업은 2.15배 더 빨리 완료되었습니다.

일반적으로 백업 및 복구 작업은 생산 VM에 미치는 영향을 방지하기 위해 업무 시간 외에 수행됩니다. 하지만, 항상 그런 것은 아닙니다. SQL 백업 또는 복구 작업이 업무량이 가장 많은 시간에 수행되는 경우, 귀하는 동일한 vSAN 데이터스토어를 공유하는 계층 1 애플리케이션에서 트랜잭션을 수행하는 사용자에게 대기 시간 영향을 주지 않도록 최대한 빨리 완료하기를 원할 것입니다. SQL 데이터베이스를 NVMe 지원 vSAN 데이터스토어로 마이그레이션하면 이러한 영향을 흡수할 수 있습니다. 백업/복구 작업이 업무 시간 외에 수행되더라도 백업/복구 작업을 더 빨리 완료하면 동일한 리소스를 공유하는 계층 1 데이터베이스의 중단 시간을 줄일 수 있습니다.



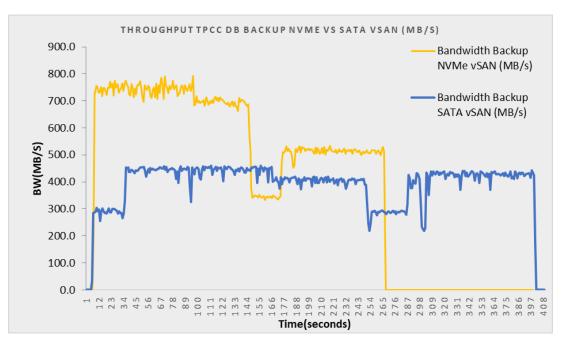


그림 5.2 처리량 비교, SQL Server 2017 TPCC DB 백업 Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어(MB/s)

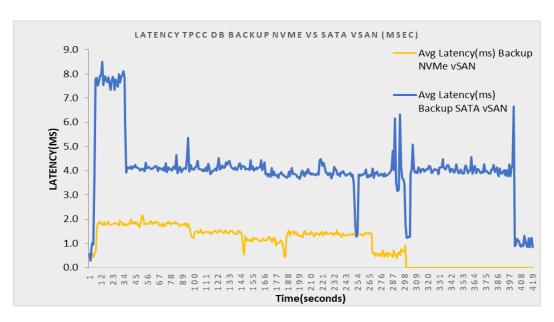


그림5.3 평균 대기시간(ms) 비교, SQL Server 2017 TPCC DB 백업 Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어



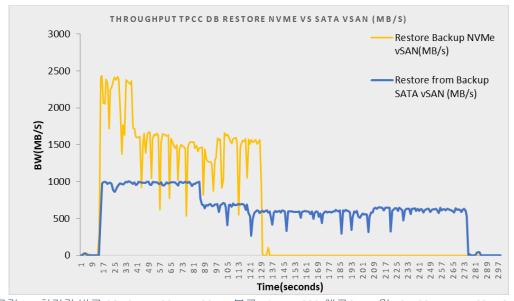


그림 5.4 처리량 비교, SQL Server 2017 TPCC DB 복구 Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어(MB/s)

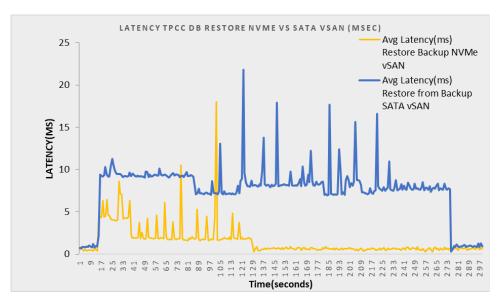


그림 5.5 대기 시간(ms) 비교, SQL Server 2017 TPCC DB 복구 Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어



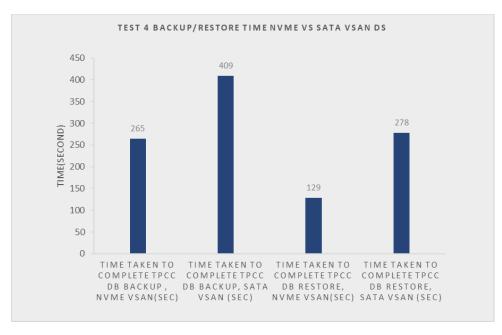


그림 5.6 완료 시간 SQL Server 2017 TPCC DB 백업/복구 작업 Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어(초)



테스트 5: SQL Server 2017 성능 비교, Noisy Neighbor 테스트, DC1500M NVMe 대 Micron 5200 에코 SATA vSAN

- 테스트 3a용 NVMe vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 DC1500M 960G FW S67F0103/디스크 그룹, 총 4개의 디스크 그룹(서버당 1개), NVMe vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter Guest OS. (테스트 5a)
- 테스트 3b용 SATA vSAN 데이터스토어 스토리지 구성: 3개의 Micron 5200 ECO 1920G FW D1MU004/디스크 그룹, 총 3개의 디스크 그룹(서버당 1개), SATA vSAN 테스트 환경. SQL Server 2017 및 Server 2019 Datacenter Guest OS. (테스트 5b)

테스트 5a 설명	테스트 5b 설명	테스트 5c 설명	테스트 5d 설명
NVMe 테스트 환경의	SATA 테스트 환경의 Micron	NVMe 테스트 환경의	SATA 테스트 환경의
DC1500M vSAN	5200 에코 vSAN	DC1500M vSAN	Micron 5200 에코 vSAN
데이터스토어에서	데이터스토어에서	데이터스토어에서	데이터스토어에서
프로비저닝된 SQL 2017 VM	프로비저닝된 SQL 2017 가상	프로비저닝된 SQL 2017	프로비저닝된 SQL 2017
가상 디스크.	디스크.	VM 가상 디스크.	VM 가상 디스크.
100GB 데이터베이스를	100GB 데이터베이스를	100GB 데이터베이스를	100GB 데이터베이스를
나타내는 1200 창고	나타내는 1200 창고	나타내는 1200 창고	나타내는 1200 창고
데이터베이스 스키마가	데이터베이스 스키마가	데이터베이스 스키마가	데이터베이스 스키마가
SUT에서 생성되었습니다.	SUT에서 생성되었습니다.	SUT에서 생성되었습니다.	SUT에서 생성되었습니다.
테스트 대상 시스템	테스트 대상 시스템	테스트 대상 시스템	테스트 대상 시스템
VM(SUT)에 16vCore 및	VM(SUT)에 16vCore 및 32GB	VM(SUT)에 16vCore 및	VM(SUT)에 16vCore 및
32GB RAM 0	RAM이 할당되었습니다.	32GB RAMOI	32GB RAM0
할당되었습니다.	테스트 대상 SUT는 8번	할당되었습니다.	할당되었습니다.
테스트 대상 SUT는 11번	복제되었으며 3개의 SUT	테스트 대상 SUT는 11번	테스트 대상 SUT는 8번
복제되었으며 3개의 SUT	VM/물리적 서버가	복제되었으며 HDB	복제되었으며 HDB
VM/물리적 서버가	할당되었습니다(총 9 개의	워크로드를 실행하기 위해	워크로드를 실행하기 위해
할당되었습니다(총 12개의	SUT VM).	2개의 VM/물리적 서버(총	2개의 VM/물리적 서버(총
SUT VM).	테스트는 각 SUT VM에서	8개의 SUT VM)가	6개의 SUT VM)가
테스트는 각 SUT VM에서	30분의 램프 업 시간과	할당되었습니다. 테스트는	할당되었습니다. 테스트는
30분의 램프 업 시간과	300분의 테스트 기간이	각 SUT VM에서	각 SUT VM에서
300분의 테스트 기간이	선택된 89명의 가상	30분의 램프 업 시간과	30분의 램프 업 시간과
선택된 89명의 가상	사용자를 실행하도록	300분의 테스트 기간이	300분의 테스트 기간이
사용자를 실행하도록	구성되었습니다.	선택된 89명의 가상	선택된 89명의 가상
구성되었습니다.	테스트는 9개의 모든 SUT	사용자를 실행하도록	사용자를 실행하도록
테스트는 12개의 모든 SUT	VM에서 병렬로	구성되었습니다.	구성되었습니다.
VM에서 병렬로	트리거되었습니다.	1 VM/물리적 서버의 창고	1 VM/물리적 서버의 창고
트리거되었습니다.		tpcc 스키마 크기(100GB)가	tpcc 스키마 크기(100GB)가
		1200이고 워크로드가 다른	1200이고 워크로드가 SUT
		SUT VM에서 10사이클	VM에서 실행되는 동안
		동안 실행되는 동안	100초마다 백업
		100초마다 백업	스크립트가
		스크립트가	트리거되었습니다(총 4
		트리거되었습니다(총 4	VM).
		VM).	HDB 워크로드를 실행하는
		HDB 워크로드를 실행하는	6개의 SUT VM, 백업
		8개의 SUT VM, 백업	스크립트를 실행하는
		스크립트를 실행하는	3개의 VM.
		4개의 VM.	
		테스트는 12개의 모든	테스트는 9개의 모든
		VM에서 병렬로	VM에서 병렬로
		트리거되었습니다.	트리거되었습니다.

그림 6.1 테스트5 설명: Micron 5200 에코 SATA 및 DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어에 대한 SQL Server 2017 실제 Noisy Neighbor 테스트



이 테스트의 목표는 생산 워크로드를 실행하는 SQL 서버 VM과 동일한 vSAN 데이터스토어를 공유하는 VM에서 불편한 워크로드(이 경우 TPCC 데이터베이스 백업 작업 사용)를 실제 시나리오를 시뮬레이션하고(이 실험에서는 TPCC 벤치마크가 생산 워크로드로 작동함), TPCC 벤치마크 결과를 평가하고 perfmon 및 vSAN 성능 모니터에서 수집된 주요 스토리지 메트릭을 분석하여 전반적인 성능 영향을 평가하는 것이었습니다.

테스트 5a) 및 5b)에서 백업 작업이 발생하지 않고 모든 VM에서 TPCC 벤치마크를 병렬로 실행하여 기준을 설정합니다. 물리적 서버당 3개의 SQL VM을 사용하여 NVMe 및 SATA vSAN 클러스터모두에서 실행하여 NVMe의 경우 총 12개, SATA의 경우 9개의 SUT VM을 제공합니다. 이 테스트를위한 스키마 크기는 1200개의 창고였으며 TPC-C 데이터베이스 크기는 ~100GB였고 300분 동안 89명의 사용자와 30분의 램프 업 시간으로 TPCC 워크로드를 실행했습니다.

테스트 5c)와 5d)에서 모든 SUT VM에서 TPC-C 데이터베이스를 복구했습니다. 그런 다음 나머지 SUT VM에서 동일한 TPC-C 벤치마크를 동시에 실행하면서 NVMe 클러스터의 경우 VM 4개, SATA 클러스터의 경우 VM 3개에서 TPC-C 데이터베이스의 10개 백업 사이클을 실행하는 스크립트를 트리거했습니다. 즉, NVMe vSAN 클러스터에서 8개의 VM이 TPC-C 워크로드를 실행하고 4개의 VM이 백업 워크로드를 병렬로 실행했습니다. 한편, NVMe vSAN 클러스터에서 6개의 VM은 TPC-C 워크로드를 실행하고 3개의 VM은 TPC-C 데이터베이스 백업 워크로드를 병렬로 실행했습니다.

테스트 5 결과: SQL Server 2017 성능 비교, Noisy Neighbor 테스트, DC1500M NVMe 대 Micron 5200 에코 SATA vSAN

그림 6.2 및 6.3은 테스트 5a 및 5b에서 달성한 분당 트랜잭션(TPM) 및 분당 새 주문(NOPM)을 보여줍니다. 12대의 DC1500M NVMe vSAN 데이터스토어 지원 SQL 서버 VM 각각에서 89명의 가상 사용자를 실행했을 때, Micron 5200 에코 SATA 클러스터가 지원하는 9개의 SQL VM에서 VM당 평균 269,320 TPM 및 58544 NOPM에 비해 VM당 평균 523,516 TPM 및 평균 113,812 NOPM을 달성했습니다. vSAN 성능 모니터(아래 그림 6.4 및 6.5)에서 수집된 IOPS 및 대기 시간 메트릭을 살펴보면 블록 계층의 결과 IO가 읽기/쓰기 작업 대기 시간이 800µs인 NVMe 클러스터에서 120,000 읽기 IOPS, 60,000 쓰기 IOPS로 변환되었으며, SATA vSAN 클러스터에서 50,000R/20,000W, 읽기 대기 시간은 평균 3.8ms, 쓰기 대기 시간은 평균 5.5ms입니다. 이는 다시 NVMe와 SATA 간의 성능 차이를 강조하고 DC1500M NVMe 지원 가상 디스크가 병렬 요청을 흡수하고 훨씬 빠른 왕복 대기 시간으로 처리하는 기능을 보여줍니다.

그림 6.5 및 6.6은 테스트 5c 및 5d에서 달성한 분당 트랜잭션(TPM) 및 분당 새 주문(NOPM)을 보여줍니다. 각각 89명의 가상 사용자가 8개의 DC1500M NVMe vSAN 데이터스토어 지원 SQL 서버 VM에서 실행되고 VM 백업이 4개의 VM에서 병렬로 트리거되었을 때, TPCC 워크로드를 실행하는 6개의 SQL VM에서의 평균 351,258 TPM 및 76,355 NOPM에 비해 평균 575,933 TPM 및 평균 NOPM 125,206을 달성할 수 있었습니다. 반면 VM 백업은 Micron 5200 에코 SATA가 지원하는 SATA vSAN SQL VM의 VM 3개에서 병렬로 트리거되었습니다. 전체 내용을 설명하려면 SATA 및 NVMe vSAN 클러스터의 대기 시간 및 스토리지 메트릭을 분석하고 두 클러스터에서 백업이 얼마나 빨리 완료되었는지 확인해야 합니다.



그림 6.8 및 6.9는 테스트 5c 및 5d에 대해 vSAN 성능 모니터를 사용하여 NVMe 및 SATA 클러스터에서 수집된 vSAN IOPS 및 대기 시간 메트릭을 보여줍니다. 백업 스크립트는 10사이클동안 100초마다 실행되도록 구성되었습니다. 트리거된 VM 백업이 NVMe 및 SATA vSAN 클러스터의 IOPS와 읽기 및 쓰기 지연 시간에 미치는 영향을 확인할 수 있습니다. 그러나 대기 시간에 미치는 영향은 다양합니다. NVMe 클러스터의 읽기/쓰기 작업의 경우 평균 2.5ms/IO를 유지하면서 최대 읽기/쓰기 IO 대기 시간은 4ms/IO로 급증한 반면, SATA vSAN은 9ms/IO로 증가했으며 읽기의 경우 평균 7.3ms/IO, 쓰기 IO의 경우 4.9ms/IO가 유지되었습니다. 이는 최종 사용자가 주문을 제출하거나, 장바구니를 업데이트하거나, 다른 창고의 제품을 보려고 할 때 느끼는 대기 시간입니다.

그림 6.11은 백업 사이클 사이의 대기 시간을 제외하고 SQL 서버 DC1500M vSAN 지원 VM 중 하나와 Micron 5200 에코 vSAN 지원 SQL VM 중 하나에서 백업 사이클을 완료하는 데 걸리는 시간을 보여줍니다. SQL 서버 NVMe vSAN VM 10회 백업 완료에 73분이 소요되어 백업당 평균 7분이 걸렸으며, SQL 서버 SATA SSD 지원 vSAN VM 10회 백업 완료에 122.15분이 소요되어 백업당 평균 12분이 걸렸습니다. DC1500M vSAN 지원 VM은 Micron 5200 에코 vSAN 지원 VM보다 1.67배 빠르게 백업 사이클을 완료했습니다. 이는 VMware 인프라를 DC1500M NVMe 지원 데이터스토어로 업그레이드하면 데이터베이스 백업과 같은 원치 않는 작업을 훨씬 더 빠르게 완료할 수 있도록하여 Noisy Neighbor 문제를 완화하는 데 도움이 되며 엄청난 대기 시간과 처리량 기능으로 인해 NVMe는 이러한 불편한 워크로드가 계층 1 애플리케이션에 미치는 대기 시간 영향을 흡수할 수 있습니다.

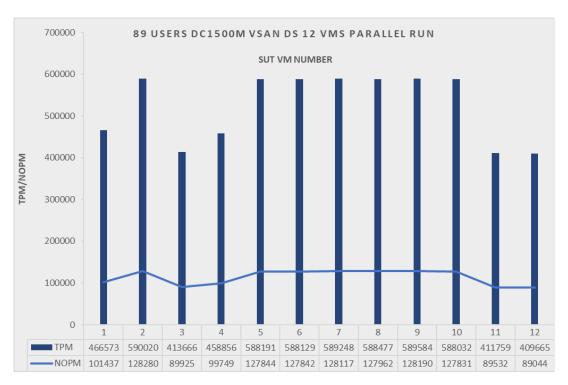


그림 6.2 테스트 5a TPM SQL Server 2017 300분 12 VM 병렬 실행, 89 가상 사용자, DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어



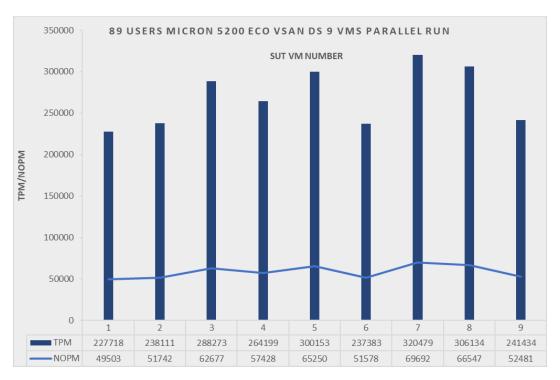


그림 6.3 테스트5b TPM SQL Server 2017 300분 12 VM 병렬 실행, 89 가상 사용자, DC1500M NVMe SSD vSAN 데이터스토어

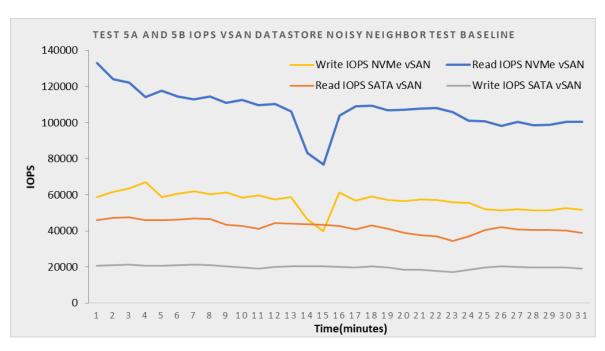


그림 6.4 테스트 5a 및 5b Noisy Neighbor IOPS, DC1500M NVMe 및 Micron 5200 에코 vSAN 데이터스토어



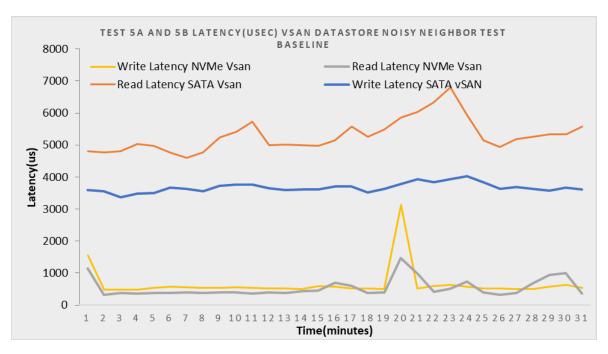


그림 6.5 테스트 5a 및 5b Noisy Neighbor 대기 시간, DC1500M NVMe 및 Micron 5200 에코 vSAN 데이터스토어

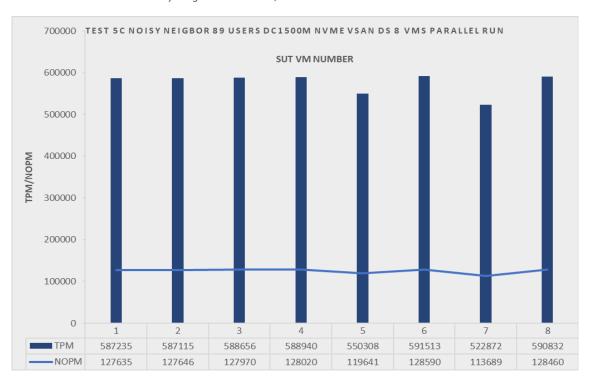


그림 6.6 테스트 5c TPM, Noisy Neighbor 이행 8 VM 병렬 실행 DC1500M NVMe vSAN 데이터스토어



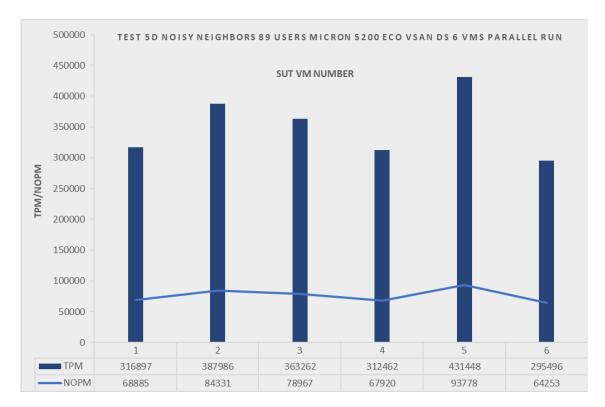


그림 6.7 테스트 5D TPM, Noisy Neighbor 이행 6 VM 병렬 실행 Micron 5200 에코 vSAN 데이터스토어

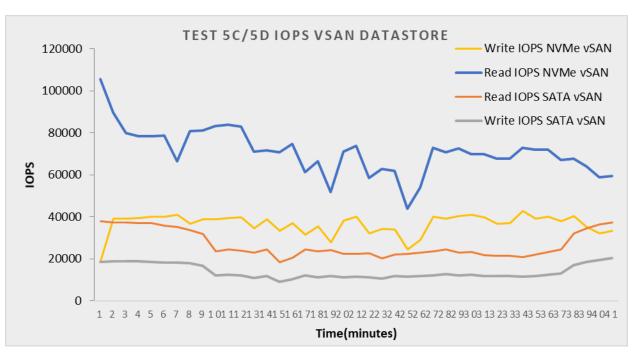


그림 6.8 테스트 5C/5D IOPS, Noisy Neighbor 이행 NVMe 대 SATA SSD vSAN 데이터스토어



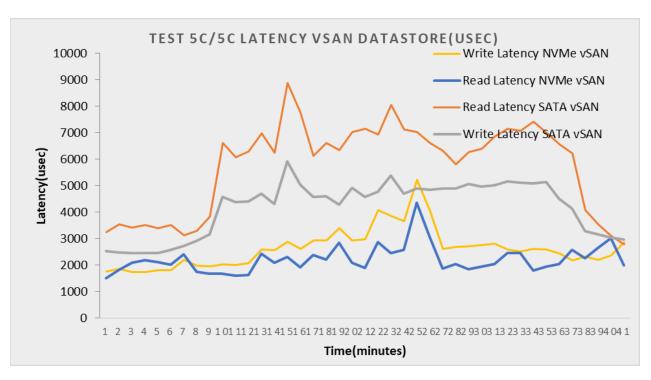


그림 6.9 테스트 5C/5D 대기 시간, Noisy Neighbor 이행 NVMe 대 SATA SSD vSAN 데이터스토어

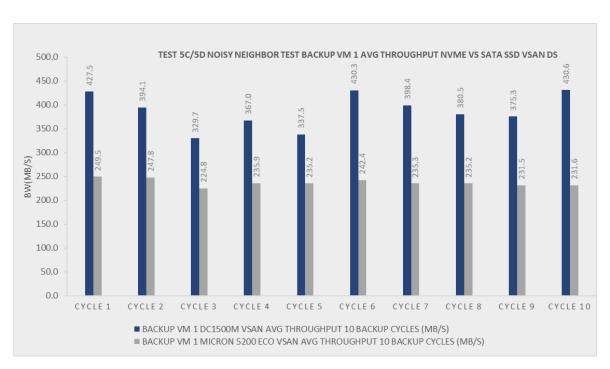


그림 6.10 테스트5C/5D 지원VM 처리량, Noisy Neighbor 이행 NVMe 대 SATA SSD vSAN 데이터스토어



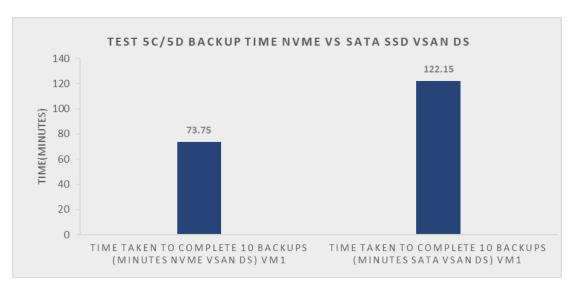


그림 6.11 테스트 5C/5D 지원을 완료하는 데 걸리는 지원 VM 시간, 10사이클 Noisy Neighbor 이행 NVMe 대 SATA SSD vSAN 데이터스토어

결론

이 백서에서는 데이터베이스 워크로드를 NVMe로 통합하면 놀라운 효율성과 0에 가까운 IO 대기시간으로 인해 기존 하드웨어를 최대화하는 데 어떻게 도움이 되는지 보여주었습니다. 이를 통해 더 적은 CPU 코어를 사용하여 동일한 트랜잭션 처리량을 달성할 수 있습니다. 기업용 SATA SSD와 몇 가지 비교한 결과, SQL 워크로드를 NVMe 지원 데이터스토어로 마이그레이션하면 밀리초 미만의 대기 시간을 제공하면서 트랜잭션 처리량을 두 배로 늘리도록 애플리케이션을 확장할 수 있습니다. 그런 다음 NVMe가 데이터베이스 백업/복구 작업과 같은 원치 않는 워크로드를 더 빠르게 완료하도록 지원함으로써 계층 1 애플리케이션에 미치는 영향을 완화하는 데 어떻게 도움이 될 수 있는지 보여주었습니다.

Kingston의 기업용 NVMe SSD인 <u>DC1500M</u>과 Kingston 서버 메모리(서버 프리미어)는 데이터베이스 인프라를 가상화하고 워크로드 효율성을 극대화하려는 사용자에게 탁월한 솔루션을 제공합니다.

Kingston의 데이터 센터 솔루션에 대해 자세히 알아보려면 https://www.kingston.com/en/solutions/servers-data-centers를 방문하십시오.

참조

HammerDB. (n.d.). *TPCC 워크로드 이해.* https://www.hammerdb.com/docs3.3/ch03s05.html에서 검색

TPCC home. (n.d.). https://www.tpc.org/에서 검색

