



Kingston Technology DC500M 기업용 SSD(Solid-State Drive)로 SQL 서버 성능 향상 및 비용 절감

2019 년 10 월

DB Best Technology 의 기술 제품 관리 책임자인 Bill Ramos 가 작성했습니다.

기술 검토자: Kingston Technology 의 시스템 엔지니어 Hazem Awadallah



목차

총괄 요약	3
문제: SQL Server 2008 지원 종료	6
해결책: HDD 드라이브를 Kingston Technology Data Center DC500 기업용 Solid-State Drive(SSD)로 교체하고 SQL Server 2017 로 업그레이드	7
하드웨어	9
소프트웨어	10
벤치마킹 테스트 시나리오	12
테스트 결과	15
결과: HDD 에서 16 vCore 를 사용하는 SQL Server 2008 R2	15
결과: DC500M 에서 16 vCore 의 SQL Server 2017	16
결과: DC500M 에서 8 vCore 의 SQL Server 2017	17
결과: DC500M 에서 4 vCore 의 SQL Server 2017	19
결론	21
다음 단계	22
DB Best 의 환경 평가 받기	22
부록 A – 테스트 시스템의 자재 비용 청구서	23
서버 구성	23
소프트웨어 플랫폼	25
그림 목차	27
상표	28

총괄 요약

SQL Server 2008 및 SQL Server 2008 R2 를 실행 중이던 기업들은, 해당 데이터베이스에 대한 Microsoft 의 지원 종료(EOS)¹가 있었던 2019 년 7 월 상당한 위기에 직면했습니다. 지원 종료(EOS)에 따라, Microsoft 는 사내 SQL 서버 릴리즈에 대한 보안 업데이트 릴리즈를 중단하여, 해당 데이터베이스는 해킹될 상당한 위험에 직면할 것이며 더 이상 많은 규제 요구사항도 준수하지 못하게 될 것입니다.

규제 상의 이유로 또는 고객의 선호도에 따라 사내 유지가 필요한 SQL Server 2008² 워크로드를 마이그레이션하고 통합하려면 비용 효율적인 솔루션이 필요합니다.

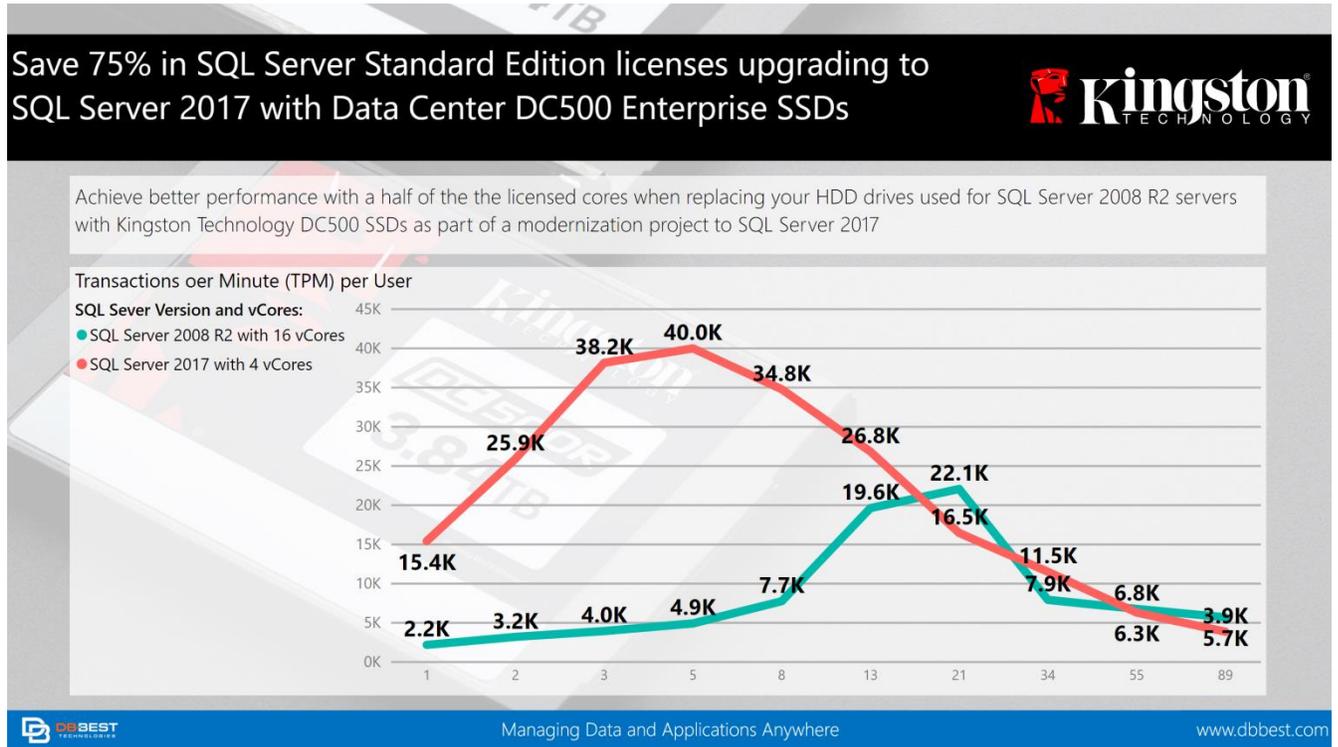
이 백서에서는 SQL Server 2008 워크로드를 Microsoft SQL 2017 Windows Server 2019 Datacenter Edition 으로 최신 서버와 [Kingston Technology DC500M 기업용 Solid-State Drive\(SSD\)](#)를 사용하는 최신 하드웨어 및 소프트웨어 솔루션으로 비용 효율적으로 마이그레이션할 수 있다는 것을 입증합니다.

DB Best Technology 는 최근 Kingston Technology 와 협업하여 8 개의 가상 코어(vCore)를 사용하는 SQL Server 2017 및 [Kingston Technology DC500 Enterprise Solid-State Drive\(SSD\)](#)가 하드 드라이브(HDD)를 사용하는 16 개의 가상 코어(vCore)를 갖춘 SQL Server 2008 R2 보다 더 빠르다는 것을 입증했습니다. 당사는 SQL Server 2008 서버를 새로운 버전의 SQL Server 로 업그레이드하고자 하는 고객과 협업할 때 이러한 시스템들이 데이터, 로그 및 tempdb 를 위해 HDD 드라이브를 사용하는 것을 자주 봅니다.

¹ "SQL Server 2008 및 SQL Server 2008 R2 지원 종료" <<https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2008>>

² 간결하게 하기 위해, "SQL Server 2008"은 SQL Server 2008 과 SQL Server 2008 R2 릴리즈를 모두 나타냅니다.

아래 차트는 [Kingston Data Center DC500M SATA 6GBps 960 GB drive](#) 및 4 개의 가상 코어(vCore)에서 구동되는 SQL Server 2017 과 2000 warehouse 를 사용하여 [HammerDB](#) TPC-C 벤치마크를 실행했을 때 [Dell 400-ATJL 10,000 RPM SAS 12 GBps 1.2 TB HDD](#) 및 16 개의 가상 코어(vCore)에서 구동되는 SQL Server 2008 R2 보다 성능이 뛰어나다는 결과를 보여줍니다.



다른 하드웨어 제조업체들 및 클라우드 공급업체들과 함께 수행해오던 이전 벤치마킹을 기반으로, 당사는 이전 버전의 SQL Server 를 데이터 로그 및 tempdb 용 SSD 를 사용하는 SQL Server 2017 으로 전환함으로써 가상 코어(vCore)를 적게 사용할 수 있다는 좋은 아이디어를 떠올렸습니다.

SQL Server 2008 R2 서버를 SQL Server 2017 로 업그레이드하면 성능이 향상되어 SQL Server 라이선스 비용을 75%까지 절감할 수 있다는 것을 의미합니다!

Component	SQL Server 2017	SQL Server 2008 R2	SQL Server 2017 4 vCores	SQL Server 2017 8 vCores	SQL Server 2008 R2 16 vCores
Hardware Costs					
Dell PowerEdge R740XD Intel 4114 2400 MHz	\$7,595.62	\$7,595.62			
KTD-PE426/32G	\$4,919.76	\$4,919.76			
SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/s	\$1,815.92				
DELL 400-AJPI 1.2 TB SAS 1.2Gb/s		\$1,560.00			
Sub total for hardware	\$14,331.30	\$14,075.38			
Software Costs					
Windows Server Data Center Edition	\$12,310.00	\$12,310.00			
SQL Server 2017 Standard			\$7,434.00	\$14,868.00	\$29,736.00
Total			\$34,075.30	\$41,509.30	\$56,121.38
Percentage of savings for the total server compared to SQL Server 2008 R2 with 16 vCores			39%	26%	0%
Savings in cost compared to SQL Server 2008 R2 with 16 vCores			\$22,046.08	\$14,612.08	\$0.00
Savings in SQL Server licensing costs			75%	50%	0%

SQL Server 2008 R2 서버는 일반적으로 이전 소프트웨어와 하드웨어에서 실행되는 서버로 구성되었습니다. 구체적으로 말하면, 운영 체제로 Windows Server 2008 R2 Datacenter 64-bit 를 사용하고 별도의 데이터 및 로그 파일용 RAID 10 으로써 두 개의 물리적 볼륨(Physical Volume)으로 구성된 총 8 개의 Dell 10K SAS(Dell 부품 번호 ST1200MM0099) 드라이브를 사용했습니다.

SQL Server 2017 서버는 최신 서버로 구성되었습니다. 구체적으로, 당사는 운영 체제로 Windows Server 2019 Datacenter 64 비트를 사용하고 별도의 데이터 및 로그 파일용 RAID 10 으로 두 개의 논리적 볼륨(Logical Volume)으로 구성된 총 8 개의 Kingston Technology SEDC500M960G 드라이브를 사용했습니다.

두 서버 모두 Windows Hyper-V 로 구성되었습니다. SQL Server 2008 R2 시스템은 가상 머신을 위해 16 개의 가상 코어(vCore)와 128GB 의 RAM 을 갖추고 있었습니다. SQL Server 2017 시스템은 가상 머신용 128GB RAM 을 갖춘 8 개의 가상 코어(vCore)와 4 개의 가상 코어(vCore)로 테스트되었습니다.

문제: SQL Server 2008 지원 종료

SQL Server 2008 은 가장 많이 배포된 SQL Server 데이터베이스 릴리즈 중 하나로, SQL Server 2008 에 대한 Microsoft 의 지원 종료(EOS)로 인해 2019 년 7 월 많은 고객들이 상당한 위기에 직면했습니다. 규제 요구사항 또는 고객 선호도로 인해 사내에 유지될 예정인 데이터베이스 워크로드의 경우, SQL Server 및 Windows Server 의 지원 릴리스에 대한 마이그레이션을 포함하는 비용 효율적인 솔루션이 필요합니다³. Microsoft 는 SQL Server 와 Windows Server 모두에 대해 코어별 라이선스 모델로 변경하여, 라이선싱 결정이 더욱 복잡해졌고 잘못된 라이선스 결정을 내리게 합니다. 더 비쌉니다.

대부분의 고객들은 현재 SQL Server 2008 워크로드가 실행 중인 2008 년식 하드웨어를 폐기하고 워크로드를 옮겨 실행할 새로운 하드웨어를 결정해야 합니다. 다양한 선택이 있습니다. 즉, 물리적 서버, 가상화된 워크로드를 호스팅하는 서버, 사설 클라우드, 하이퍼 컨버전스 또는 세분화된 아키텍처, 기존 SAN 또는 DAS 스토리지, 또는 새로운 소프트웨어 정의 스토리지 솔루션.

최근 몇 년 동안 Microsoft 의 소프트웨어 라이선스 모델 변경으로 인해 라이선스 선택이 더욱 복잡해졌으며, 소프트웨어 라이선스 비용의 증가는 소프트웨어 비용이 시스템의 총 비용을 넘어설 수 있을 수준에 이르렀습니다. 라이선스에 대한 잘못된 결정을 내릴 경우, 값비싼 대가를 지불할 수 있는 위험이 커집니다. 정보에 입각한 선택이 소프트웨어 라이선스 비용을 최소화한다는 것을 보여드리겠습니다.

이 백서에서는 Kingston Technology 의 Data Center DC500 기업용 Solid-State Drive(SSD)를 사용하여 전체 자본 및 라이선스 비용을 39%까지 절감할 수 있는 방법을 입증합니다.

본 백서와 벤치마킹 프로젝트 문서는 SQL Server 2008 지원 종료 문제를 처리해야 하는 고객들이 당면하고 있는 과제에 대해 비용 효율적인 해결책을 이루기 위해, 하드웨어 시스템 아키텍처와 소프트웨어에 대한 최신 기술 발전 활용의 이점을 수치화할 것입니다.

³ Windows Server 2008 및 Windows Server 2008 R2 에 대한 지원 종료도 2020 년 1 월에 곧 다가옵니다. "Window Server 2008 및 2008 R2 지원 종료"를 참조하십시오. <<https://www.microsoft.com/en-us/cloud-platform/windows-server-2008>>

해결책: HDD 드라이브를 Kingston Technology Data Center DC500 기업용 Solid-State Drive(SSD)로 교체하고 SQL Server 2017 로 업그레이드

365 일 가동 시간과 안정성에 대한 비즈니스 요구에 부합하기 위해, Kingston 기업용 SSD 는 성능 예측 가능성과 더불어 엄격한 테스트를 거친 안정성이 결합된 성능의 스토리지를 제공합니다. Kingston DC500 시리즈 SSD 는 데이터센터가 워크로드 대비 가장 비용 효율적인 SSD 를 선택할 수 있도록 하는 여러 기능을 제공합니다. 기업들은 제품, 솔루션 및 서비스 레벨 계약(SLA)을 준수하기 위해 결과를 필요로 합니다. Kingston 의 DC500 시리즈 SSD 는 이러한 기대에 부응하기 위해 설계되었습니다.

Microsoft SQL Server 2017

SQL Server 2017 은 업무에 핵심적인 워크로드 수요의 안정성, 보안 및 간소화된 관리 기능을 제공하며, 이 모든 것은 메모리 내 성능을 온라인 거래 처리(OLTP) 데이터베이스로 유도하는 데이터 플랫폼에서 가능합니다.

SQL Server 2008 R2 이후, SQL Server 팀은 100 가지 이상의 중요한 새 기능을 2017 릴리스에 제공하였습니다.

WHAT'S NEW IN SQL SERVER 2017 SINCE 2008 R2			
OLTP Performance	Security	Business Intelligence	Hybrid Cloud
<p>Real-time operational analytics with in-memory OLTP on or on disk</p> <p>In-memory for more applications</p> <p>Unparalleled scalability with Windows Server 2016, with 1TB memory and Windows Server 2016 max cores</p> <p>Enhanced AlwaysOn, with 8 secondaries and Replicas Wizard</p> <p>Multiple node failover clustering (3 synchronous, up to 8 replicas)</p> <p>In-memory OLTP</p> <p>Buffer Pool Extension to SSDs</p> <p>Enhanced query processing</p> <p>Resource Governor adds IO governance</p> <p>SysPrep as cluster level</p> <p>Predictable performance with taring of compute, network and story with Windows Server 2012 R2</p> <p>Delayed Durability</p> <p>Clustered Shared Volume support, VHDX support (Windows Server 2012 R2)</p> <p>Manage on-premises and cloud apps (System Center 2012 R2)</p> <p>Query optimization enhancements</p> <p>Recovery Advisor</p> <p>Windows Server Core</p> <p>Live Migration</p> <p>Online operations enhancements</p> <p>Query Store</p> <p>Temporal support</p>	<p>SQL Server Data Tools</p> <p>Local DB runtime (Express)</p> <p>Data-tier application component project template</p> <p>Data Tier Application Framework (DAC, Fx)</p> <p>Interoperability support (JDBC, ODBC, JDBC, PDO, ADO APIs and .NET C/C++, Java, Linux and PHP platforms)</p> <p>Enhanced support for ANSI SQL standards</p> <p>Transact-SQL Static Code Analysis tools</p> <p>Transact-SQL code snippets</p> <p>Intelligence</p> <p>FileTable build on FILESTREAM</p> <p>Reverse Blob Storage with SharePoint 2010</p> <p>Statistical Semantic Search</p> <p>Spatial Features, Full Globe and arcs</p> <p>Large user-defined data types</p> <p>Distributed Reploy</p> <p>Contained Database Authentication for SQL Server 2012</p> <p>Windows PowerShell 2.0 support</p> <p>Multi-server Management with SQL Server Utility Control Point</p> <p>Data Tier Application Component</p> <p>Automatic Plan Correction</p>	<p>Transparent Data Encryption</p> <p>Always Encrypted</p> <p>Enhanced separation of duty</p> <p>Row-level security</p> <p>Dynamic data masking</p> <p>Enhanced separation of duties</p> <p>Default schema for groups</p> <p>SQL Server Audit</p> <p>SQL Server fine-grained auditing</p>	<p>Enhanced connectors, new transformations, object-level security, ragged hierarchies**</p> <p>Graph-data support</p> <p>Mobile BI</p> <p>Enhanced SSIS</p> <p>Enterprise-grade Analysis Services</p> <p>Advanced tabular models</p> <p>In-memory analytics</p> <p>Enhanced multidimensional models</p> <p>JSON support</p> <p>Enhanced DQS</p> <p>Enhanced MDS</p> <p>Modern Reporting Services</p> <p>Temporal tables</p> <p>Advanced data mining</p> <p>Create mobile reports using the SQL Server Mobile Report Publisher</p> <p>Consume with Power BI mobile apps</p> <p>Azure HDInsight Service</p> <p>Power BI</p> <p>Power Map for Excel</p> <p>Mash up data from different sources, such as Oracle & Hadoop</p> <p>HA for StreamInsight, complex event processing</p> <p>SQL Server Data Tools support for BI</p> <p>Change Data Capture for Oracle</p> <p>Import PowerPivot models into Analysis Services</p>
	<p>Data Warehousing</p> <p>Adaptive Query Processing</p> <p>Operational analytics</p> <p>In-memory ColumnStore</p> <p>Deployment options to AWS</p> <p>Enhanced In-memory ColumnStore for SQL Server</p> <p>PolyBase for simple T-SQL to query structured and unstructured data</p> <p>Enhanced database caching</p> <p>Up to 15,000 partitions</p> <p>Analytics Platform System</p>	<p>Advanced Analytics</p> <p>Python integration**</p> <p>R built-in to your T-SQL</p> <p>RRE APIs with full parallelism and no memory limits for side-by-side performance</p> <p>Built-in In-memory Advanced Analytics</p> <p>Advanced tabular model</p> <p>Direct query</p> <p>Advanced data mining</p> <p>SSDT in Visual Studio</p>	<p>Stretch database</p> <p>Partitioning for efficient data loading</p> <p>Hybrid scenarios with SSIS</p> <p>Enhanced backup to Azure</p> <p>Easy migration to the cloud</p> <p>Simplified cloud DR with AlwaysOn replicas</p> <p>Simplified backup to Azure</p> <p>Support for backup of previous versions of SQL Server to Azure</p> <p>Cloud back-up encryption support</p> <p>Simplified cloud Disaster Recovery with AlwaysOn replicas in Azure VMs</p> <p>New Azure Deployment UI for SQL Server</p> <p>Larger SQL Server VMs and memory sizes available in Azure</p> <p>SQL Server Data Tools</p> <p>Snapshots backups to Azure via SQL Server Management Studio</p>
			<p>Platform</p> <p>Linux support</p> <p>Container support</p>

그림 1 - SQL Server 2008 R2 이후 SQL Server 에 추가된 새 기능

SQL Server 2017 에서 이용 가능한 주요 OLTP 처리 기능에는 다음이 포함됩니다:

- **성능** SQL 서버의 통합된 인메모리 도구 모음은 단독 기능보다 훨씬 뛰어나며, 다양한 시나리오에서 성능을 크게 향상시키도록 돕습니다.
- **보안 및 준수:** SQL Server 가 발전할수록, Always Encrypted 및 Row-Level Security 와 같은 새 기능을 통해 휴식 중과 작동 중일 때 모두 데이터를 보호할 수 있는 새로운 능력이 추가되어 왔습니다.
- **가용성:** 견고하고 안정적인 성능을 잘 알려진 SQL Server 는 향상된 로드 밸런싱 및 유연성과 효율적인 백업을 위한 새 기능을 비롯하여 새로운 강화 기능을 AlwaysOn 에 추가하고 있습니다.

- **확장성:** 컴퓨팅, 저장 및 네트워크의 새로운 진보는 업무에 핵심적인 SQL Server 워크로드에 직접적인 영향을 미칠 것입니다.
- **클라우드 서비스:** SQL Server 및 Microsoft Azure 의 새로운 도구는 클라우드로의 확장, 패치, 백업 및 재난 복구 솔루션 구축, 리소스의 위치에 상관없는(구내, 사설 클라우드 또는 공용 클라우드) 액세스를 더욱 쉽게 만들었습니다.

이 테스트는 인메모리 OLTP 기능을 활용하는 대신에 기본 디스크 기반 테이블을 사용하는 데 집중하였으며, 그 이유는 당사의 목적이 SQL Server 2017 과 함께 Kingston Technology 의 DC500M 드라이브를 사용하는 것이 어떻게 간단한 업그레이드 외에는 데이터베이스에 어떠한 변경도 하지 않고 최신 하드웨어에서 구동되어 SQL Server 2008 의 워크로드를 통합하는 데 활용되는지 보여드리는 것이기 때문입니다.

Windows Server 2019 Datacenter

Windows Server 2019 는 보안을 한층 강화하는 클라우드 가능 운영 시스템이며 Microsoft Azure 에서 영감을 받아 귀하의 비즈니스를 강화하는 애플리케이션 및 인프라의 혁신입니다. 저장의 측면에서, Windows Server 2019 는 소프트웨어 정의 저장 뿐만 아니라 기존의 파일 서버를 위한 새로운 기능 및 개선을 포함하였습니다.

Kingston Data Center DC500 SSD 시리즈

Kingston 의 데이터센터 DC500(DC500R / DC500M) SSD 시리즈는 최신 3D TLC NAND 를 사용하는 고성능 6Gbps SATA SSD 로서, 읽기 중심 및 복합용 서버 워크로드에 적합하게 설계되었습니다. Kingston 의 엄격한 QoS 요건을 구현하여 광범위한 읽기 및 쓰기 워크로드에서 예측 가능한 낮은 지연 시간뿐만 아니라 예측 가능한 임의 I/O 성능을 보장합니다. AI 와 머신 러닝, 빅데이터 분석, 클라우드 컴퓨팅, 소프트웨어 정의 스토리지, 운영 데이터베이스(ODB), 데이터베이스 애플리케이션, 데이터 웨어하우징으로 생산성을 개선합니다. 용량: 480GB, 960GB, 1.92TB, 3.84TB.



그림 2 - Kingston Data Center DC500M - solid state drive - 960 GB - SATA 6Gb/s

하드웨어

본 테스트의 목적을 위해, 당사는 두 개의 Dell PowerEdge R740XD 서버를 사용했습니다. 한 개는 Dell 10,000 RPM SAS 1.2 TB 하드 드라이브를 사용하여 Windows Server 2008 R2 에서 구동되는 SQL Server 2008 R2 의 벤치마킹을 위해 사용되었습니다. 이는 아직 SQL Server 2008 R2 를 실행하는 서버를 대표합니다. 두 번째 서버는 DC500M 960GB SSD 를 사용하여 Windows Server 2019 에서 실행되는 SQL Server 2017 의 벤치마킹을 위해 사용되었습니다.

각 서버는 총 40 개의 가상 코어(vCore)에 대해 두 개의 Intel Xeon Silver 4114 2.2G, 10C/20T, 9.6GT/s, 14M Cache, Turbo, HT (85W) DDR4-2400 프로세서를 사용하였습니다.

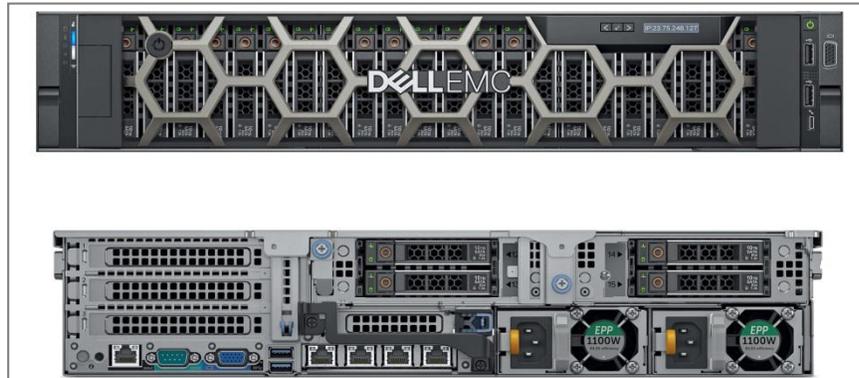


그림 3 - PowerEdge R740xd Rack Server

각 서버에는 총 768GB 의 RAM 에 대해 24 개 모듈의 Kingston Server Premier KTD-PE426/32G 메모리가 있었습니다.

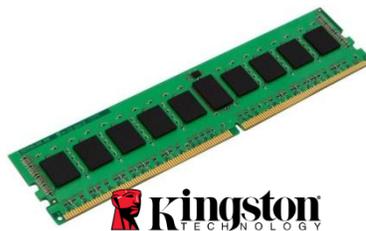


그림 4 - Kingston 의 Server Premier - DDR4 - 32 GB - DIMM 288-pin - 등록된 메모리 모듈

SQL Server 2008 R2 서버의 경우, 8 개의 Dell - hard drive - 1.2 TB - SAS 12Gb/s 드라이브를 사용했습니다.



그림 5 - Dell - hard drive - 1.2 TB - SAS 12Gb/s

4 개의 드라이브는 SQL Server 데이터 파일을 위해 사용되는 논리 볼륨으로 64K 할당 크기와 64K 스트라이프를 갖춘 RAID 10 을 사용한 8GB NV Cache 와 함께 PERC H740P RAID Controller 를 사용하여 구성되었습니다. 다른 4 개의 드라이브 또한 SQL Server 로그 파일을 위해 사용되는 논리 볼륨으로 8K 할당 크기와 64K 스트라이프를 갖춘 RAID 10 으로 구성되었습니다. 당사는 RAID controller's Read Ahead, Write Through 캐시를 사용했습니다.

소프트웨어

각 베어 메탈 서버는 Hyper-V 역할과 Windows Server 2019 Datacenter(10.0, Build 17763)로 실행되었습니다. 장착된 저장소에 대해 Windows Storage Spaces 의 사용을 고려했습니다. 그러나 Storage Spaces 는 Windows Server 2008 R2 Datacenter 와 호환되지 않았고, RAID 컨트롤러를 사용하여 디스크를 구성하기로 선택했습니다.

각 서버는 두 개의 가상 머신으로 구성되었으며, 각각은 16 개의 가상 코어(vCore)와 128GB 의 RAM 을 갖추었습니다. 테스트 서버로 트랜잭션을 전송하는 HammerDB 프로그램의 실행을 위해 테스트 드라이버 VM 으로 하나의 이미지를 사용했습니다.

SQL Server 2017 워크로드는 시작을 위한 16 개 가상 코어(vCore)와 SQL Server 2017 Developer Edition 을 실행하고 게스트 OS 로서 Windows Server 2019 가 있는 Hyper-V 가상 머신에서 실행되었습니다. SQL Server 2008 워크로드는 16 개 가상 코어(vCore)와 SQL Server 2008 Developer Edition 을 실행하고 게스트 OS 로서 Windows Server 2008 가 있는 Hyper-V 가상 머신에서 실행되었습니다.

디스크 레이아웃에는 다음이 포함되었습니다☺

드라이브	GB 크기	용도	참고	사용된 SQL Server 파일에 대한 총 크기(GB)
C:	129	OS	SQL Server 는 sysprep 을 사용하는 각 VM 에 설치되었습니다	
D:	282	데이터	64k 형식	TPCC 데이터(193), TempDB 데이터(16)
L:	400	로그	8k 형식	TPCC 로그(20), TempDB 로그(0.5)

그림 6 - 157GB 데이터베이스를 위한 2,000 웨어하우스가 있는 TPC-C 를 실행하는 SQL Server VM 의 디스크 레이아웃.

로드 생성 및 HammerDB 설정

HammerDB 도구는 2000 웨어하우스에 대한 트랜잭션 워크로드와 같은 TPC-C 를 생성하기 위해 사용되었습니다. [HammerDB](#) 는 데이터베이스 벤치마킹을 위해 흔히 사용되며, 커뮤니티에 의해 관리되는 일종의 업계 표준입니다. TPC-C 는 OLTP 워크로드에 대해 트랜잭션 프로세스 성능 위원회(TPC)가 공개한 벤치마크 표준입니다. TPC-C 사양의 준수는 테스트의 안정성과 일관성을 보장합니다.

테스트 실행을 위해, DB Best 고객으로부터 수집된 데이터에 기반하여 중간 크기의 OLTP 를 대표하는 157GB 의 데이터베이스를 사용했습니다. 다음은 SQL Server Management Studio 가 보고한 **Disk Usage by Top Tables**(상위 테이블에 의한 디스크 사용) 보고서의 각 테이블별 크기를 나타냅니다.

This report provides detailed data on the utilization of disk space by top 1000 tables within the Database. The report does not provide data for memory optimized tables.

Table Name	# Records	Reserved (KB)	Data (KB)	Indexes (KB)	Unused (KB)
dbo.stock	200,000,000	64,134,928	64,000,000	134,896	32
dbo.customer	60,000,000	53,378,304	43,636,368	9,741,808	128
dbo.order_line	599,962,513	39,434,768	39,341,808	92,888	72
dbo.history	60,000,000	3,605,944	3,605,184	184	576
dbo.orders	60,000,000	3,093,584	1,959,184	1,134,272	128
dbo.new_order	18,000,000	321,544	320,720	736	88
dbo.district	20,000	321,016	160,000	160,952	64
dbo.warehouse	2,000	32,272	16,000	16,096	176
dbo.item	100,000	9,544	9,416	32	96

그림 7 - TPC2,000 웨어하우스 데이터베이스의 각 테이블 크기

1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 및 89 의 피보나치(Fibonacci) 수열을 사용하는 10 개 그룹의 가상 사용자를 실행하기로 선택했습니다.

SQL Server 설정

가상 머신의 SQL Server 2017 Standard Edition 은 아래 표와 같이 구성되었습니다.

파라미터 이름	최소	최대	구성값	실행값
병행에 대한 비용 임계값	-	32,767	50	50
커서 임계값	(1)	2,147,483,647	(1)	(1)
기본 추적 가능	-	1	1	1
최대 병행 정도	-	32,767	1	1
최대 서버 메모리(MB)	128	2,147,483,647	104,857	104,857
네트워크 패킷 크기(B)	512	32,767	4,096	4,096
쿼리 대기(s)	(1)	2,147,483,647	(1)	(1)

그림 8 - OLTP 워크로드에 최적화된 SQL Server 구성

테스트 결과는 HammerDB 드라이버 VM 에 쓰여진 후 결과 분석을 위해 Power BI 로 로드되었습니다.

벤치마킹 테스트 시나리오

벤치마크 근거

TPC-C 벤치마크는 1992년부터 사용되었고 공식적 정의는 [tpc.org](http://www.tpc.org)⁴에 있습니다. SQL Server 및 서버 하드웨어의 실제 테스트를 제공하여 다양한 서버 구성의 잠재 성능을 더 잘 이해하도록 해줍니다. DB Best 는 다양한 크기의 베이스라인을 벤치마크하여 고객들이 사내 또는 다양한 클라우드 등 새로운 환경 구축 계획을 보다 효과적으로 수립할 수 있도록 돕습니다.

HammerDB 는 무료 오픈 소스 벤치마킹 애플리케이션으로 SQL Server, Oracle Database, IBM DB2, MySQL, MariaDB, PostgreSQL, Redis 및 Amazon Redshift 를 지원합니다. HammerDB 는 OLTP 에 대한 TPC-C 벤치마크 및 데이터 웨어하우스 분석 워크로드에 대한 TPC-H 벤치마크 실행을 지원합니다. HammerDB 의 소스 코드는 [TPC](#) 가 호스팅하는 [GitHub](#) 에 있으며, 데이터베이스 공급업체는 자신의 벤치마크 버전을 추가할 수 있습니다.

HammerDB⁵는 데이터베이스, 테스트 데이터를 생성하고 벤치마크를 실행하기 위해 스크립트가 가능합니다. 이 벤치마크를 위해, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 및 89 사용자의 벤치마크를 동시에 실행할 수 있는 오토파일럿 기능을 사용하였습니다. 피보나치 수열은 더 많은 사용자에게 시스템이 어떻게 반응하는지 잘 느낄 수 있기 때문에 이를 선호합니다.

오토파일럿 기능은 모든 사용자가 트랜잭션 처리를 시작하고 데이터베이스를 데이터베이스 서버의 메모리로 히팅(heat up)하기 위한 증가(ramp-up) 시간을 정의하는 방법을 제공합니다. 일반적으로 100 명까지의 사용자를 시작하는 데는 1 분이 소요됩니다. 3 분의 증가 시간을 사용하여 테스트 사이클이 시작되기 전에 충분한 시간을 확보했습니다.

테스트 사이클의 경우 5 분 기간을 사용했습니다. 이 시간 동안, 벤치마크는 일정한 시간에 걸쳐 트랜잭션을 처리하기 위한 전형적인 명령 입력 프로그램에서 예상할 수 있는 새로운 명령을 생성합니다. HammerDB 는 새로운 명령을 처리하기 위해 사용된 트랜잭션의 실제 수와 분당 새 명령(New Orders Per Minute, NOPM)의 값을 데이터베이스가 달성해야 하는 실제 업무를 대표하는 값으로 기록합니다.

실행의 마지막에, HammerDB 는 각 사용자 실행에 대한 트랜잭션 정보의 로그 파일을 생성합니다. 추가로, CPU, 디스크, 네트워크 및 메모리의 성능과 결과의 상관관계를 밝히기 위해 기본 성능 카운터와 기타 시스템 정보를 수집했습니다.

⁴ 모든 TPC 사양의 목록: http://www.tpc.org/tpc_documents_current_versions/current_specifications.asp

⁵ HammerDB 웹사이트 - http://www.tpc.org/tpc_documents_current_versions/current_specifications.asp

CPU 성능

CPU 성능의 경우, 테스트 시작에 앞서 SQL Server 를 사용하여 단일 스레드 성능 테스트⁶를 사용합니다. 일반적으로, 테스트를 위해 사용한 Intel Xeon Silver 4114 CPU(2.2 GHz)는 Gold 또는 Platinum 프로세서에 비해 클럭 속도가 느립니다⁷.

저희의 경우 약 14,000 의 값이 나왔습니다. 일반적으로 신형의 프로세서는 약 7,000 의 값으로 이 테스트를 실행합니다. 그러나 기존의 SQL Server 2008 R2 데이터베이스 솔루션 실행에 현재 일반적으로 사용되는 CPU 이기 때문에 이를 선택했습니다. (14000 의 값이 7000 의 값보다 좋습니까, 나쁠까요? 문서와 상관없이 저를 위해 알려주십시오)

TPC-C 벤치마크는 더 빠른 CPU 를 선호합니다. 따라서 SQL Server 2017 를 위해 최신 CPU 를 사용하는 것은 필요한 가상 코어(vCore) 수의 감소에도 도움이 됩니다. 그러나 디스크 드라이브 성능이 결과에 가장 큰 영향을 미칩니다.

디스크 성능

Windows 플랫폼에서 디스크 성능을 이해하기 위해, 최초에 Microsoft 가 개발한 Diskspd 라는 오픈소스 프로그램을 사용합니다⁸. Linux 플랫폼의 경우 FIO 를 사용합니다. Diskspd 를 실행할 때, SQL Server 트랜잭션을 위해 사용되는 I/O 패턴과 맞추어 Diskspd 를 사용하는 방법에 대해 SQL Server MVP 인 Glen Berry 의 지침을 사용합니다⁹. 명령어 입력줄의 모습입니다:

```
diskspd -b8K -d30 -o4 -t8 -h -r -w25 -L -Z1G -c20G T:\iotest.dat > DiskSpeedResults.txt
```

여기에는 HDD 에서 SQL Server 2008 R2 및 DC500M 에서 SQL Server 2017 에 사용되는 데이터 파일 볼륨에 대해 Diskspd 를 실행한 중요사항이 나와 있으며, 두 경우 모두 RAID 10 을 사용한 4 개의 드라이브로 구성되었습니다.

⁶ Source code for the single threaded performance test for SQL Server 에 대한 단일 스레드 성능 테스트의 소스 코드:

<https://www.hammerdb.com/blog/uncategorized/hammerdb-best-practice-for-sql-server-performance-and-scalability/>

⁷ Intel Xeon 프로세서 및 그 사양의 전체 목록: <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/series/125191/intel-xeon-scalable-processors.html>

⁸ Windows Diskspd 용 GitHub 자료실: <https://github.com/Microsoft/diskspd>

⁹ Microsoft DiskSpd 를 사용해 저장소 하위시스템 테스트: <https://sqlperformance.com/2015/08/io-subsystem/diskspd-test-storage>

여기에는 SQL Server 2008 R2 데이터 파일에 사용되는 HDD 디스크 볼륨에 대한 결과가 나와 있습니다.

Total IO						
thread	bytes	I/Os	MB/s	I/O per s	AvgLat	LatStdDev
total:	459390976	56078	14.60	1869.31	17.119	23.801
Read IO						
thread	bytes	I/Os	MB/s	I/O per s	AvgLat	LatStdDev
total:	344678400	42075	10.96	1402.53	20.563	21.940
Write IO						
thread	bytes	I/Os	MB/s	I/O per s	AvgLat	LatStdDev
total:	114712576	14003	3.65	466.78	6.772	26.069
Latency (ms)						
%-ile	Read (ms)	Write (ms)	Total (ms)			
min	0.290	0.259	0.259			
25th	8.306	0.722	5.497			
50th	14.220	2.336	10.825			
75th	25.396	6.475	21.006			
90th	42.511	11.673	37.731			
95th	56.386	15.962	51.870			
99th	94.808	73.804	93.303			

그림 9 - SQL Server 2008 R2 에 사용되는 HDD 에 대한 데이터 드라이브 Diskspd 결과

이 결과를 Kingston Technology DC500M 드라이브를 사용한 데이터 볼륨의 결과와 비교해 보십시오.

Total IO						
thread	bytes	I/Os	MB/s	I/O per s	AvgLat	LatStdDev
total:	24128364544	2945357	767.02	98178.97	0.325	0.252
Read IO						
thread	bytes	I/Os	MB/s	I/O per s	AvgLat	LatStdDev
total:	18084192256	2207543	574.88	73585.07	0.334	0.262
Write IO						
thread	bytes	I/Os	MB/s	I/O per s	AvgLat	LatStdDev
total:	6044172288	737814	192.14	24593.90	0.297	0.219
Latency (ms)						
%-ile	Read (ms)	Write (ms)	Total (ms)			
min	0.074	0.063	0.063			
25th	0.211	0.199	0.208			
50th	0.281	0.257	0.274			
75th	0.377	0.333	0.365			
90th	0.524	0.464	0.512			
95th	0.629	0.570	0.612			
99th	1.384	0.868	1.272			

그림 10 - SQL Server 2017 에 사용되는 DC500M 드라이브에 대한 데이터 드라이브 Diskspd 결과

저희는 종종 기존 드라이브와 SQL Server 간의 불일치를 고객 데이터베이스의 업그레이드 과정의 일부로 봅니다.

성능 측정

실제 테스트 실행 중, OS 및 SQL Server 성능 카운터 수집을 위해 Windows의 typeperf 명령어를 사용해 성능을 추적했습니다¹⁰.

테스트 결과

각 테스트 런에 대해, 3 번의 런을 수행한 후 결과 보고를 위해 성능의 평균을 계산하였습니다.

결과: HDD 에서 16 vCore 를 사용하는 SQL Server 2008 R2

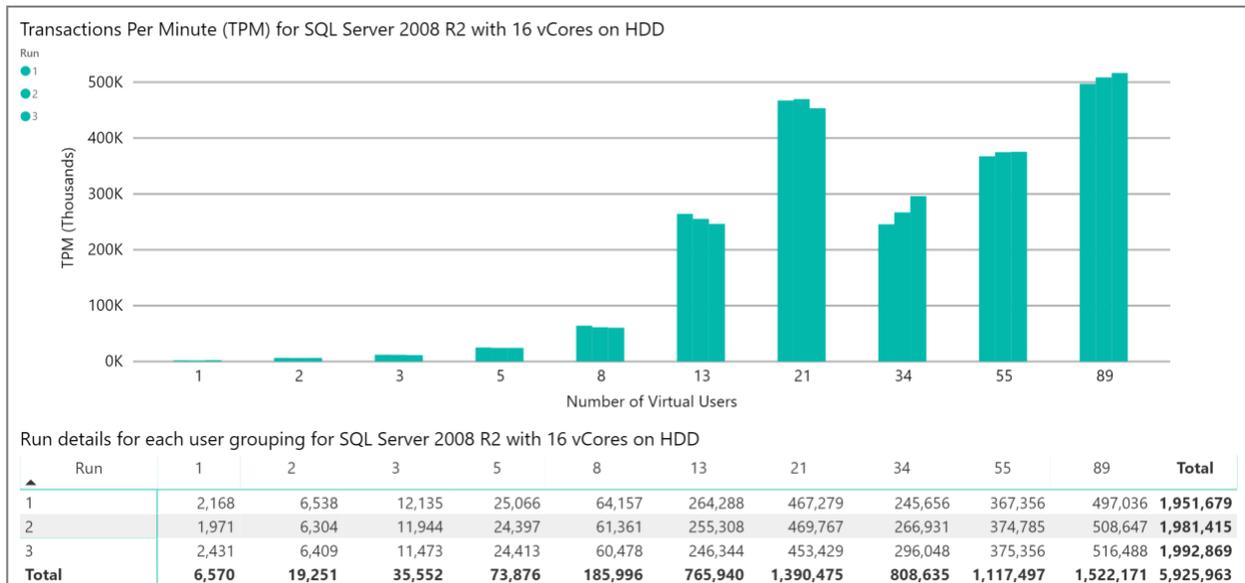


그림 11 - HDD 에서 16 vCore 를 사용하는 SQL Server 2008 R2 결과

¹⁰ Windows의 typeperf에 관한 문서: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/administration/windows-commands/typeperf>

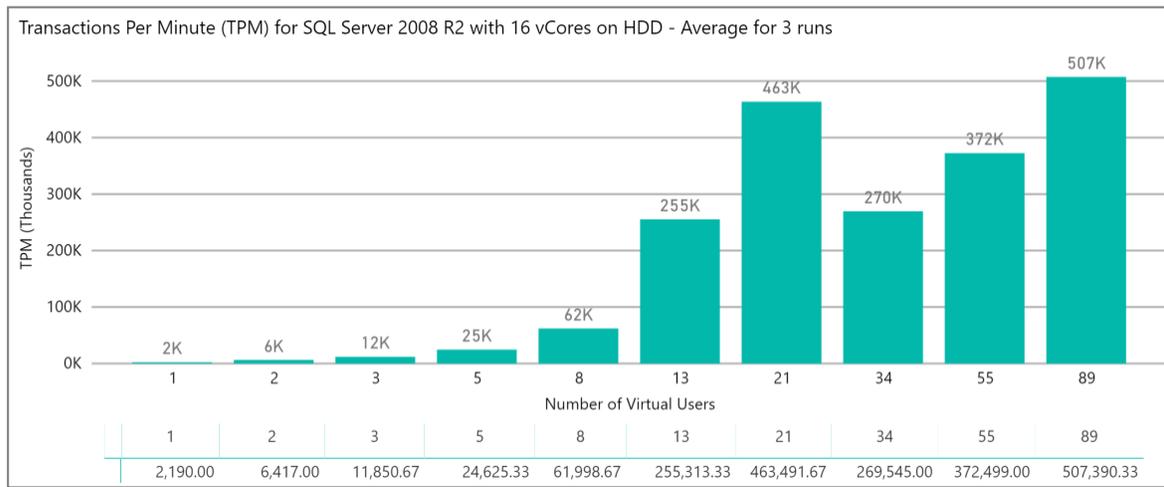


그림 12 - 16 vCore 를 사용하는 SQL Server 2008 R2 - 3 회 런의 평균

결과: DC500M 에서 16 vCore 의 SQL Server 2017

SQL Server 2017 의 경우, 먼저 16 vCore 를 사용하는 시스템을 테스트하여 HDD 에서 실행되는 SQL Server 2008 R2 와 비교하여 어떤지 파악했습니다. 여기에 두 버전의 비교가 나와 있습니다.

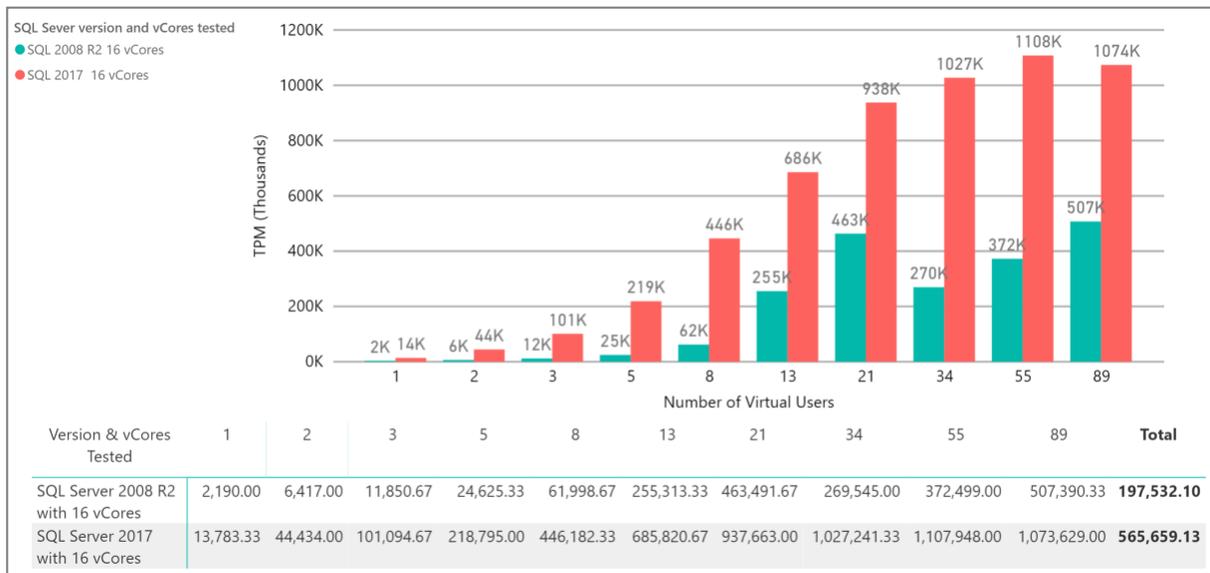
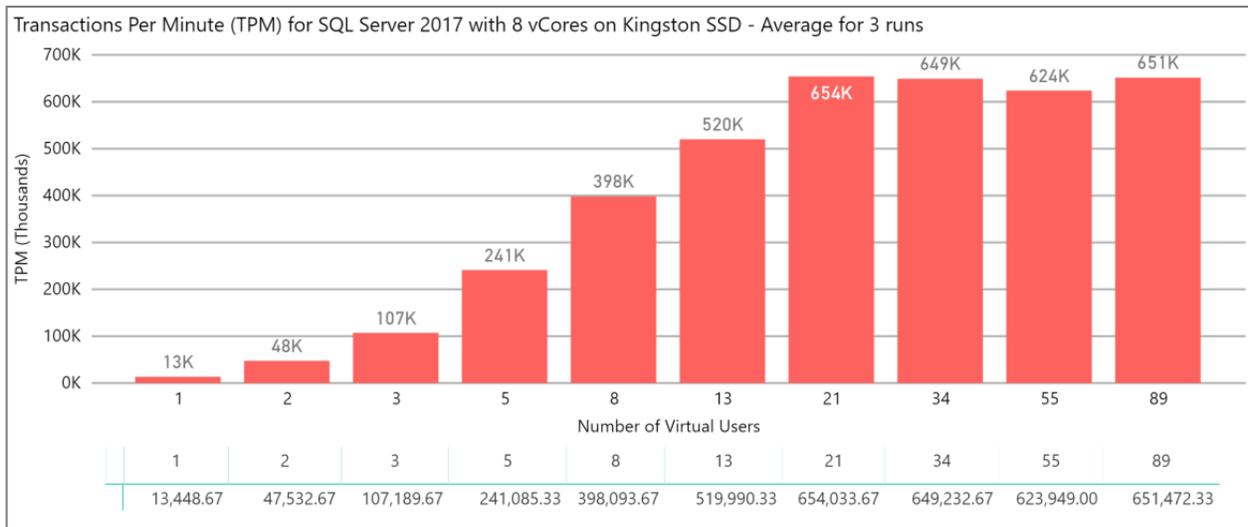
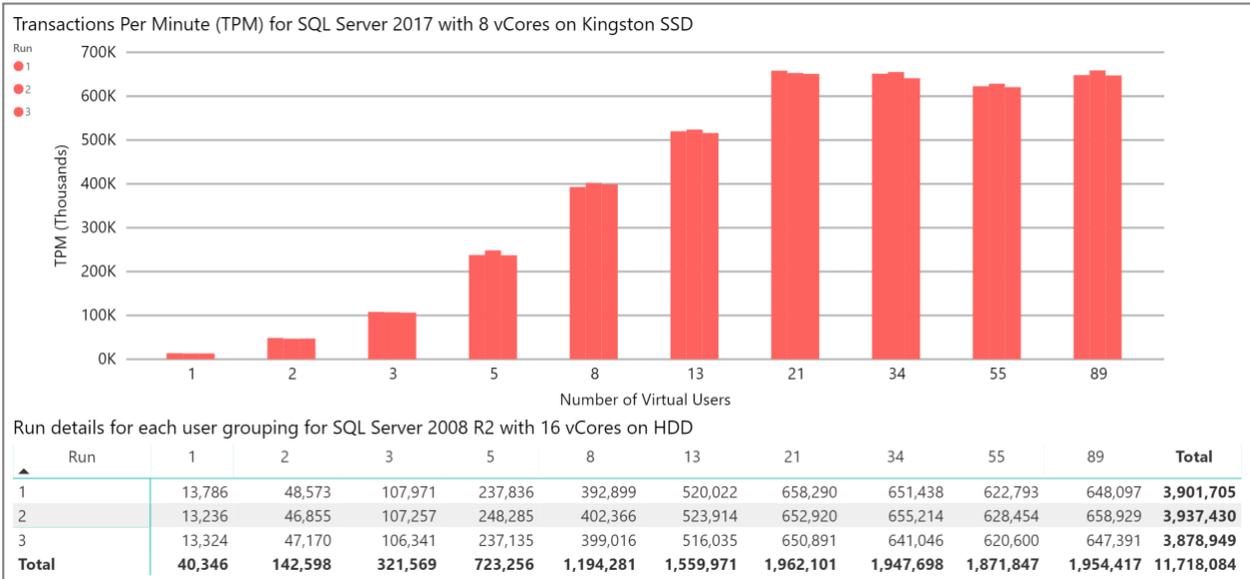


그림 13 - HDD 에서의 SQL Server 2008 R2 대 16 vCore 의 DC500M 드라이브에서 SQL Server 2017 의 비교

전반적 성능 확보는 인상적이었습니다. SQL Server 2008 R2 시스템의 사용자가 현재 성능에 만족하고 있다면, DC500M 드라이브에서의 SQL Server 2017 성능은 놀라울 것입니다. 통합 및 데이터베이스 업그레이드 프로젝트의 경우, 저희는 고객이 최신 버전의 SQL Server 로 전환하기 위한 비용을 절감할 방법을 찾고 있습니다. DC500M 드라이브를 사용할 경우, 기업용 SSD 가 더 낮은 대기시간으로 더 많은 트랜잭션을 처리하는 능력 덕분에 기존 데이터베이스 솔루션과 비슷한 성능을 유지하기 위해 필요한 vCore 를 줄일 수 있습니다.

결과: DC500M 에서 8 vCore 의 SQL Server 2017

다음 차례는 불과 8 개의 vCore 와 동일한 128GB 의 서버 DRAM 으로 VM 에서 벤치마크를 실행하는 것이었습니다. 이전 경험에 미루어 볼 때, 우리는 메모리를 32GB 로 낮추고도 여전히 비슷한 결과를 낼 수 있었을 것입니다.



이 테스트 런의 경우, 저희는 유휴시간 프로세스와 대비한 벤치마크 중 사용된 CPU 의 퍼센티지를 계속 추적했습니다.

아래의 표에서, 1 사용자에게 대해 94 로 시작하는 빨간색 줄은 시스템 유휴시간 프로세스를 나타냅니다. 녹색 줄은 SQL Server 에 의해 사용되는 CPU 시간의 퍼센티지를 나타냅니다.

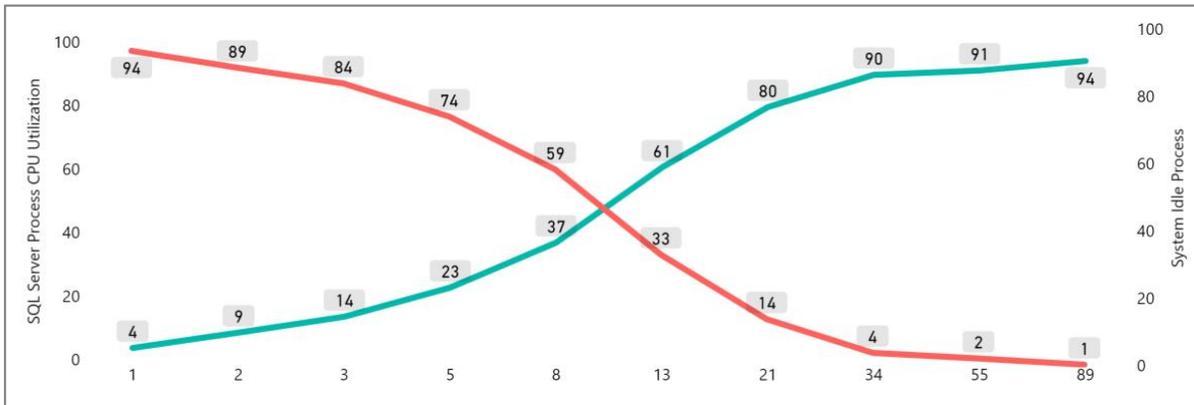


그림 14 - CPU 대 유휴시간을 퍼센티지로 나타낸 8 vCore 로 실행되는 SQL Server 2017

적은 수의 사용자가 있을 때, SQL Server 는 트랜잭션 요청을 처리하기 위해 매우 적은 CPU 를 필요로 합니다. 최소 수준의 시스템 유휴시간 프로세스는 대부분 Kingston DC500M 드라이브의 효율성 덕분입니다. 기본적으로, 서버는 말 그대로 아무것도 안 하고 있습니다.

사용자 수가 증가하면, CPU 활용도는 CPU 병목 현상에 도달하기 시작할 때까지 올라갑니다. 반면, 시스템 유휴시간 프로세스는 순 유휴시간이 감소하면서 낮아질 것으로 예상됩니다. 그러나 다른 시스템 유휴시간 프로세스가 생기기 시작합니다. 이것은 트랜잭션 수가 증가하면서 SQL Server 가 데이터를 메모리로부터 트랜잭션 로그 파일로 기록할 때 필요한 대기 시간입니다. 사실 이것은 좋은 것입니다.

기본적으로 이것은 4 개의 RAID 10 드라이브가 99 번째 백분위수에서 1.3ms 의 디스크 대기시간으로 최대 98,000 의 읽기/쓰기 IOPS 에 도달할 수 있기 때문입니다.

사용자가 89 일 때, 시스템은 8 vCore 를 사용하여 94%의 CPU 와 불과 1%의 대기 시간으로 전반적 최적 수준에서 실행되고 있습니다.

HDD 에서 16 vCore 를 사용한 SQL Server 2018 R2 의 데이터와 이를 대조해 보십시오.

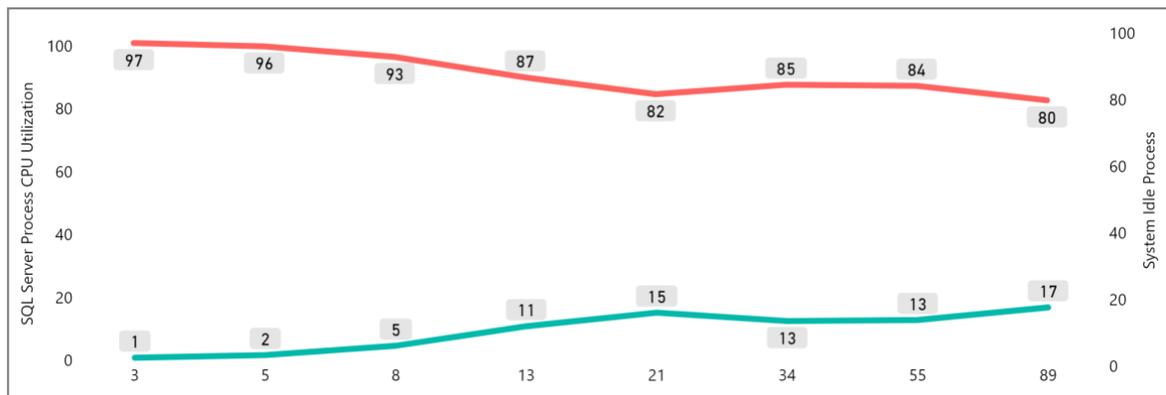


그림 15 - CPU 대 유휴시간을 퍼센티지로 나타낸 16 vCore 로 실행되는 SQL Server 2018 R2

SQL Server 2017 의 런처럼 CPU 활용도가 증가하지 않는 이유는 작업 시 다른 유휴시간 프로세스는 SQL Server 2008 R2 가 더 느린 드라이브에서 버퍼 풀 캐시로 데이터를 읽어 들일 때 필요한 대기 시간이기 때문입니다. 또한 HammerDB 는 고속으로 트랜잭션을 발생시키기 때문에, SQL Server 또한 추가 대기 시간으로 인해 래치(latch)와 락(lock)에서 대기하고 있습니다.

HDD 드라이브의 경우, Diskspd 가 보고한 IOPS 는 겨우 1900 정도였습니다. Kingston DC500M 드라이브보다 50 배 이상 느린 속도입니다!

다음은 16 vCore 의 SQL Server 2008 R2 와 불과 8 vCore 의 SQL Server 2017 을 나란히 비교한 것입니다.

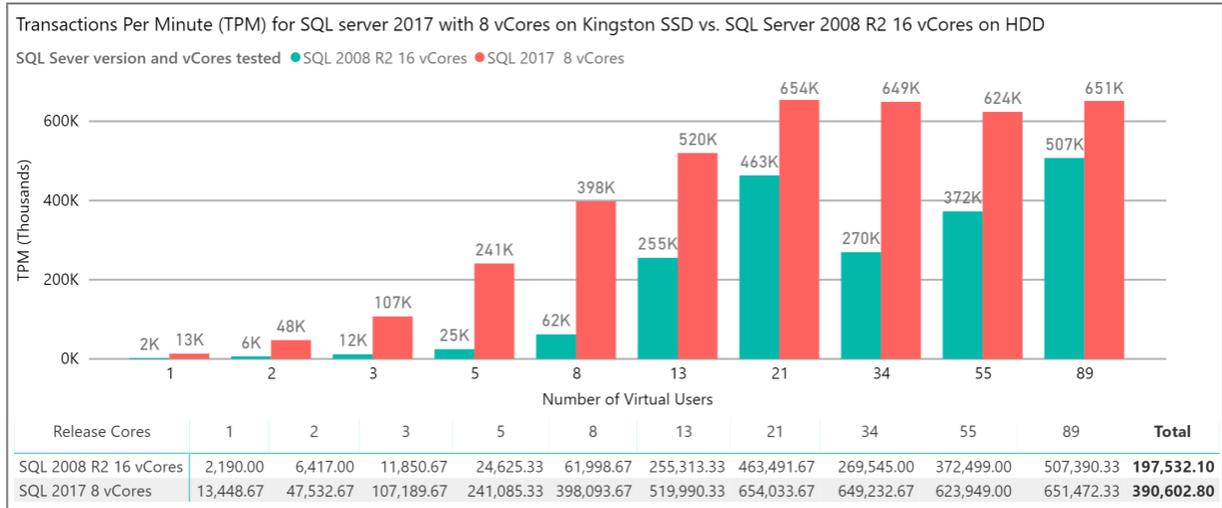


그림 16 - 16 vCore 의 SQL Server 2008 R2 와 비교한 8 vCore 의 SQL Server 2017

이 결과는 SQL Server 2017 의 뛰어난 성능을 보여주지만, 아직 vCore 수를 더 줄일 수 있습니다.

결과: DC500M 에서 4 vCore 의 SQL Server 2017

Kingston DC500M 드라이브가 SQL Server 에 필요한 코어 수를 얼마나 더 빠르게 줄일 수 있는지 알아보기 위해, 128GB 의 RAM 과 4 vCore 로 코어 수를 줄였습니다. 다음 표는 HDD 에서 SQL Server 2008 R2 의 TPM 비교를 보여줍니다.

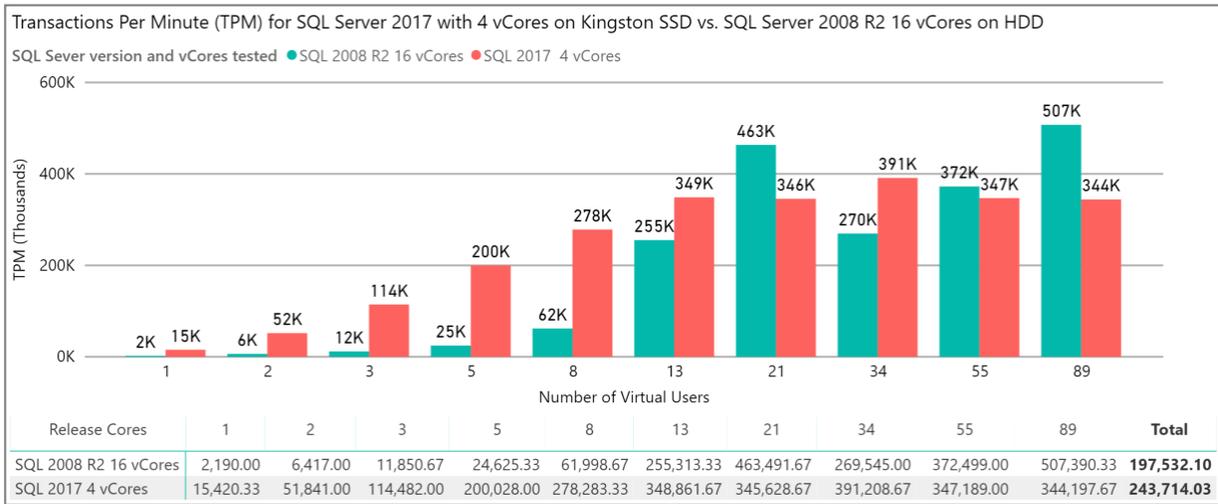


그림 17 - 16 vCore 의 SQL Server 2008 R2 와 비교한 4 vCore 의 SQL Server 2017

이 표는 모든 사용자 런에 대해 SQL Server 2008 R2 의 평균 TPM 은 4 vCore SQL Server 2017 의 243,714 와 비교해 197,532 었음을 보여줍니다. 기본적으로, Kingston DC500M 드라이브와 4 vCore 를 사용하는 SQL Server 2017 은 1.2 배 더 빠릅니다.

사용자의 관점에서, 다음의 표는 16 vCore 의 SQL Server 2018 R2 와 4 vCore 의 SQL Server 2017 을 대조한 각 사용자 그룹의 TPM/사용자를 보여줍니다.

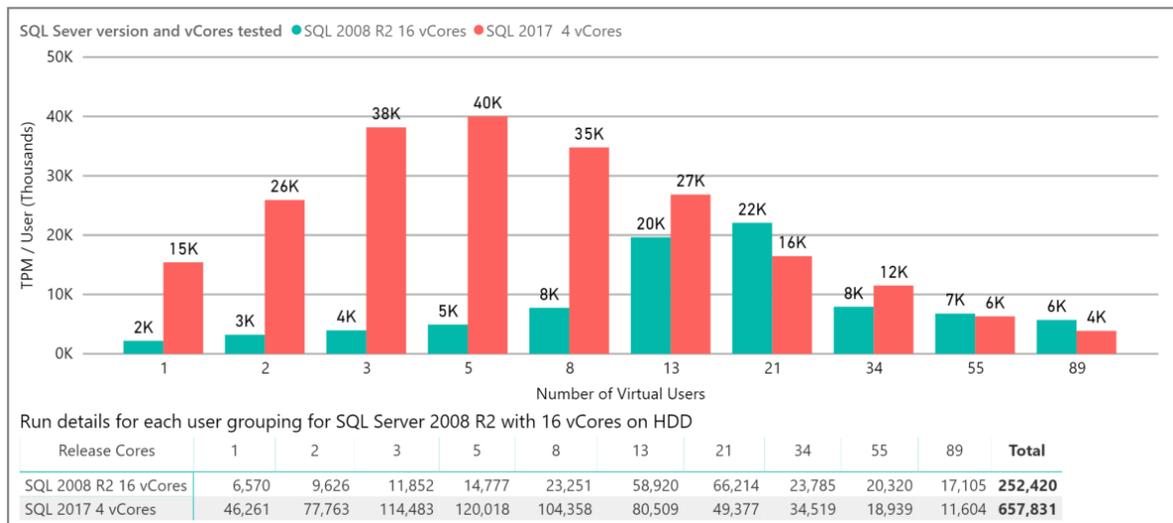


그림 18 - 4 vCore 의 SQL Server 2017 과 16 vCore 의 SQL Server 2008 R2 의 TPM/사용자 비교

TPM/사용자의 관점에서, HDD 에서 16 vCore 를 사용한 SQL Server 2008 R2 의 한 명의 사용자는 2,190 TPM 을 달성할 수 있었습니다. 89 사용자에서, SQL Server 2008 R2 의 TPM/사용자는 5,702 였지만, 겨우 4 개의 vCore 와 Kingston DC500M 드라이브를 사용한 SQL Server 2017 은 3,868 TPM/사용자를 유지할 수 있었습니다. 사용자의 관점에서, SQL Server 2017 은 여전히 SQL Server 2008 R2 보다 거의 1.8 배 더 빠른 것으로 보입니다.

결론

워크로드 통합은 증가하는 워크로드 수에 대응하기 위한 더욱 향상된 호스트 서버의 성능을 활용하여 클라우드 및 호스팅 공급자는 물론 IT 조직의 효율성을 증대시킵니다. 워크로드 밀도(호스트 서버에서 실행되는 워크로드의 수)의 증가는 주어진 워크로드 수를 실행하는 데 필요한 호스트 서버의 수 감소를 통한 경제적 통합의 필요성을 증가시킵니다.

SSD(DC500M) 및 서버 메모리(Server Premier)로 이루어진 Kingston의 고성능 데이터 센터 저장소 및 메모리 솔루션은 워크로드 효율성 개선을 촉진할 뿐 아니라 전체 TCO(총 소유 비용)를 줄이면서도 비즈니스의 수익성을 최적화하여 성능에 적합한 비용(cost-per-performance)을 가능케 합니다.

필요한 호스트 서버를 줄임으로써, 하드웨어와 소프트웨어 모두의 라이선스 비용을 줄일 수 있습니다. 이 테스트 중 사용된 호스트 서버 구성의 소매가격이 제시된 [부록 A - 테스트 시스템의 자재 비용 청구서](#)에서 볼 수 있듯이, 소프트웨어 라이선스 비용은 절약 가능성의 평가 시 반드시 고려해야 하는 사항입니다.

소프트웨어 라이선스 비용은 총 시스템 비용에서 가장 두드러지며, 특히 SQL Server Standard Edition의 코어별 라이선스 비용은 16 vCore의 총 시스템 비용의 113%를 차지합니다.

Component	SQL Server 2017	SQL Server 2008 R2	SQL Server 2017 4 vCores	SQL Server 2017 8 vCores	SQL Server 2008 R2 16 vCores
Hardware Costs					
Dell PowerEdge R740XD Intel 4114 2400 MHz	\$7,595.62	\$7,595.62			
KTD-PE426/32G	\$4,919.76	\$4,919.76			
SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/s	\$1,815.92				
DELL 400-AJPI 1.2 TB SAS 1.2Gb/s		\$1,560.00			
Sub total for hardware	\$14,331.30	\$14,075.38			
Software Costs					
Windows Server Data Center Edition	\$12,310.00	\$12,310.00			
SQL Server 2017 Standard			\$7,434.00	\$14,868.00	\$29,736.00
Total			\$34,075.30	\$41,509.30	\$56,121.38
Percentage of savings for the total server compared to SQL Server 2008 R2 with 16 vCores			39%	26%	0%
Savings in cost compared to SQL Server 2018 R2 with 16 vCores			\$22,046.08	\$14,612.08	\$0.00
Savings in SQL Server licensing costs			75%	50%	0%
Percentage of the SQL Server license costs compared to the hardware and OS			28%	56%	113%

그림 19 - 비용 및 DC500M 드라이브를 통한 vCore의 감소가 전체 비용을 얼마나 크게 줄이는지에 대한 전반적 비교

더 적은 수의 코어를 사용해 워크로드를 더욱 통합한다는 것은 더 적은 수의 코어별 라이선스가 필요하다는 의미이며 상당한 절약을 체감할 수 있습니다.

거의 0에 가까운 I/O 대기시간과 높은 CPU 활용도는 SSD 저장 성능이 최대 사용자 수에서도 CPU를 활발히 활용할 수 있을 정도로 높음을 의미합니다.

다음 단계

Data Center DC500(DC500R/DC500M) 기업용 Solid-State Drive(SSD)가 귀하의 비즈니스 수요를 어떻게 최적화할 수 있는지 Kingston Technology 에 문의하여, Microsoft SQL Server 2008 의 워크로드를 SQL Server 2017 로 마이그레이션할 때 워크로드 효율성을 개선하고 TCO 를 낮추십시오.

<https://www.kingston.com/us/ssd/dc500-data-center-solid-state-drive> 에 방문하여 Kingston DC500 기업용 SSD 에 대해 더 알아 보십시오.

<https://www.kingston.com/us/support/technical/emailcustomerservice> 에서 라이브 채팅 또한 사용할 수 있습니다.

DB Best 의 환경 평가 받기

고객의 호스트 서버 구성 및 워크로드가 저희의 테스트 환경과 동일할 것이라고 생각하지는 않으며, 이러한 차이는 이들 솔루션에 영향을 미칠 것입니다. 저희의 테스트 환경에 반영된 가정 및 선택들이 합리적이고 대표성 있으며, 관찰된 결과는 엄격한 테스트를 반영한다고 믿지만, 이 솔루션의 적용 가능성을 평가하는 고객들이 DB Best 에 문의하여 자신들의 특수한 환경의 평가를 계획할 것을 권장합니다.

<https://www.dbbest.com/company/contact-us/> 를 통해 웹으로 연락해 주십시오.

또는, Dmitry@dbbest.com 으로 Dmitry Balin 에게 연락하거나 본 문서의 저자 중 아무에게나 연락해 주십시오.

부록 A – 테스트 시스템의 자재 비용 청구서

서버 구성

다음은 Dell PowerEdge R740XD 와 두 개의 Intel Xeon Silver 4114 2.2G 서버 및 총 20 개 물리 코어/40 개 가상 코어에 대한 자재 비용 청구서의 사본입니다.

PowerEdge R740XD - [amer_r740xd_12238]		1	\$7,595.62
Estimated delivery date: Nov. 9, 2018			
210-AKZR	PowerEdge R740XD Server	1	-
329-BDKH	PowerEdge R740/R740XD Motherboard	1	-
461-AADZ	No Trusted Platform Module	1	-
321-BCRC	Chassis up to 24 x 2.5 Hard Drives including 12 NVMe Drives, 2CPU Configuration	1	-
340-BLBE	PowerEdge R740XD Shipping	1	-
343-BBFU	PowerEdge R740 Shipping Material	1	-
338-BLUS	Intel Xeon Silver 4114 2.2G, 10C/20T, 9.6GT/s, 14M Cache, Turbo, HT (85W) DDR4-2400	1	-
374-BBPP	Intel Xeon Silver 4114 2.2G, 10C/20T, 9.6GT/s, 14M Cache, Turbo, HT (85W) DDR4-2400	1	-
412-AAJQ	Standard 1U Heatsink	1	-
412-AAJQ	Standard 1U Heatsink	1	-
370-ADHU	2666MT/s RDIMM	1	-
370-AAIP	Performance Optimized	1	-
780-BCDS	Unconfigured RAID	1	-
405-AAIR	PERC H740P RAID Controller, 8GB HV Cache, Adapter, Full Height	1	-
619-ABVR	No Operating System	1	-
421-5736	No Media Required	1	-
385-BBKT	iDRAC9, Enterprise	1	-
528-BCBW	iDRAC Digital License	1	-
379-BCQV	iDRAC Group Manager, Enabled	1	-
379-BCSF	iDRAC, Factory Generated Password	1	-
330-BBHD	Riser Config 6, 5 x8, 3 x16 slots	1	-
540-BBBW	Broadcom 5720 QP 1Gb Network Daughter Card	1	-
384-BBPZ	6 Performance Fans for R740/R740XD	1	-
450-ADWS	Dual, Hot-plug, Redundant Power Supply (1+1), 750W	1	-
350-BBBW	No Bezel	1	-
389-BTTO	PE R740XD Luggage Tag	1	-
350-BBJV	No Quick Sync	1	-
750-AABF	Power Saving Dell Active Power Controller	1	-
770-BBBQ	ReadyRails Sliding Rails Without Cable Management Arm	1	-
631-AAACK	No Systems Documentation, No OpenManage DVD Kit	1	-
332-1286	US Order	1	-
813-6068	Dell Hardware Limited Warranty Plus On-Site Service	1	-
813-6075	ProSupport: Next Business Day On-Site Service After Problem Diagnosis, 3 Years	1	-
813-6087	ProSupport: 7x24 HW/SW Technical Support and Assistance, 3 Years	1	-
989-3439	Thank you choosing Dell ProSupport. For tech support, visit //www.dell.com/support or call 1-800-945-3355	1	-
900-9997	On-Site Installation Declined	1	-
973-2426	Declined Remote Consulting Service	1	-
370-ADHI	8GB RDIMM, 2666MT/s, Single Rank	2	-
400-ASEG	120GB SSD SATA Boot 6Gbps 512n 2.5in Hot-plug Drive, 1 DWPD, 219 TBW	2	-
400-AWLI	Intel 1TB, NVMe, Read Intensive Express Flash, 2.5 SFF Drive, U.2, P4500 with Carrier	1	-
450-AALV	NEMA 5-15P to C13 Wall Plug, 125 Volt, 15 AMP, 10 Feet (3m), Power Cord, North America	2	-

그림 20 - Dell PowerEdge R740XD 자재 비용 청구서

Kingston Technology 는 클라이언트 및 기업용 시스템을 위한 메모리의 선도 업체이기 때문에, 저희는 KTD-PE426/32G 메모리 모듈을 사용하기로 결정했습니다. 서버는 현재 CDW¹¹에 열거된 24 개 모듈을 사용했고 모듈당 \$204.99 입니다(XXX 일 현재). 서버 메모리의 총 “소매” 가격은 \$4,919.76 입니다.

¹¹ Kingston Technology KTD-PE426/32G 의 목록상 가격은 2019 년 10 월 16 일

<https://www.cdw.com/product/kingston-ddr4-32-gb-dimm-288-pin-registered/4862854?pfm=srh> 에서 검색했습니다.

SQL Server 2017 테스트 시스템의 경우, Kingston Technology 는 8 개의 SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/s 드라이브를 제공했습니다. 이 드라이브는 현재 CDW¹²의 목록에서 \$226.99 이며 총 비용은 \$1,815.92 입니다(XXX 일 현재).

SQL Server 2008 R2 테스트 시스템의 경우, 8 개의 Dell 400-ATJL 드라이브의 자재 비용 청구서가 첨부되어 있습니다.

Billing Address		Shipping Address		Ship Method	
Kingston Technology Company, Inc 17600 Newhope Street Fountain Valley CA, 92708 USA		USA			
Comments					
Product ID	Description	Qty	Unit Price	Ext Amt	
400-ATJL	DELL 10,000 RPM SAS HARD DRIVE 12GBPS 512N 2.5IN HOT-PLUG DRIVE - 1.2 TB,CK	8	\$195.00	\$1,560.00	
	Pieces	8			
	Lines	1			
Sub Total				\$1,560.00	
Sales Tax				\$0.00	
Freight				\$0.00	
TOTAL				\$1,560.00	

그림 21 - 8 개의 Dell 400-ATJL 드라이브의 자재 비용 청구서

다음 표는 테스트 시스템의 하드웨어 비용 요약입니다.

구성요소	SQL Server 2017	SQL Server 2008 R2
Dell PowerEdge R740XD Intel 4114 2400 MHz	\$7,595.62	\$7,595.62
KTD-PE426/32G	\$4,919.76	\$4,919.76
SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/s	\$1,815.92	
DELL 400-AJPI 1.2 TB SAS 1.2Gb/s		\$1,560.00
전체	\$14,331.30	\$14,075.38

그림 22 - 하드웨어 서버 비용

¹² Kingston Technology SEDC500M/960G 드라이브의 목록상 가격은 2019 년 10 월 16 일 검색하였습니다.

소프트웨어 플랫폼

테스트된 시스템은 Windows Server 2019 Data Center Edition 과 SQL Server 2017 Developer Edition 을 사용했습니다. 아래에 제시된 라이선스 비용은 SQL Server Standard Edition 을 사용했고, 그 이유는 SQL Server 가 운영 메모리에 사용할 수 있는 최대 24 코어 및 128GB 메모리를 지원하기 때문입니다.

SQL Server 라이선스에 대해

이 솔루션에서 예상된 SQL Server 2008 워크로드는 SQL Server 2008 Standard Edition 을 사용했고 Standard Edition of SQL Server 2017 을 계속 사용할 것입니다.

SQL Server 의 몇몇 가상 사례를 실행할 때, 몇 가지 라이선스 전략을 고려할 수 있습니다¹³.

- 각 VM 은 별도로 라이선스를 받았습니다. 각 VM 은 VM 당 최소 4 코어의 Standard Edition 에 대해 라이선스를 받았습니다(4 개 미만의 가상 코어를 사용한 VM 도 포함).
- Standard Edition “Open no level pricing (US\$)”은 2 개 코어 팩당 \$3,717 입니다¹⁴.
- 일반적으로 가상 코어(vCore)와 물리 코어의 비율은 2 대 1 이었고, Dell PowerEdge R740XD 프로세서에서 이용 가능한 서버 하이퍼 스레딩 기술을 갖추었습니다.
- Per Core 모델을 사용하는 개별 VM 의 라이선스를 위해, 고객은 VM 에 할당된 각 가상 코어(또는 가상 프로세서, 가상 CPU, 가상 스레드)에 대한 코어 라이선스를 구매해야 하며, VM 당 4 코어 라이선스가 최소입니다. 라이선싱을 위해, 가상 코어는 하드웨어 스레드로 매핑합니다.

¹³ 추가 정보는 다음 주소의 SQL Server 2017 라이선스 가이드에서 찾을 수 있습니다:

https://download.microsoft.com/download/7/8/C/78CDF005-97C1-4129-926B-CE4A6FE92CF5/SQL_Server_2017_Licensing_guide.pdf

¹⁴ SQL Server 2017 의 가격은 2019 년 10 월 16 일에 검색하였습니다: <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2017-pricing>

다음의 표는 Per Core 모델과 Standard Edition 을 사용한 VM 의 SQL Server 라이선스 비용을 나타냅니다.

SQL Server Standard Edition 2-코어 팩	vCore 라이선스	라이선스 비용
\$3,717.00	4	\$7,434.00
	8	\$14,868.00
	16	\$29,736.00

그림 23 - Standard Edition 을 사용하는 VM 의 Per Core 라이선스

확실히, vCore 의 수를 줄이는 것은 SQL Server 2008 R2 에서 SQL Server 2017 로 업그레이드할 때 최우선 순위입니다.

Windows Server 라이선스에 대해

이 시스템은 Windows Server 2019 Datacenter Edition 을 사용하며, 라이선스 서버당 무제한의 Hyper-V VM 을 제공합니다. Datacenter Edition 의 가격은 16 코어 라이선스에 대해 Pricing Open NL ERP(USD)로 \$6,155 입니다. 각 물리 서버에는 20 코어가 있으므로, Window Server 2019 Datacenter Edition 의 가격은 \$12,310 입니다¹⁵.

총 시스템 비용

다음의 표는 테스트한 시스템의 총 하드웨어 및 소프트웨어 비용을 보여줍니다.

Component	SQL Server 2017	SQL Server 2008 R2	SQL Server 2017 4 vCores	SQL Server 2017 8 vCores	SQL Server 2008 R2 16 vCores
Hardware Costs					
Dell PowerEdge R740XD Intel 4114 2400 MHz	\$7,595.62	\$7,595.62			
KTD-PE426/32G	\$4,919.76	\$4,919.76			
SEDC500M 960 GB SATA 6Gb/s	\$1,815.92				
DELL 400-AJPI 1.2 TB SAS 1.2Gb/s		\$1,560.00			
Sub total for hardware	\$14,331.30	\$14,075.38			
Software Costs					
Windows Server Data Center Edition	\$12,310.00	\$12,310.00			
SQL Server 2017 Standard			\$7,434.00	\$14,868.00	\$29,736.00
Total			\$34,075.30	\$41,509.30	\$56,121.38
Percentage of savings compared to SQL Server 2008 R2 with 16 vCores			39%	26%	0%
Savings in cost compared to SQL Server 2018 R2 with 16 vCores			\$22,046.08	\$14,612.08	\$0.00

그림 24 - HDD 에서의 SQL Server 2008 R2 실행과 Kingston DC500M 드라이브를 사용한 4 및 8 vCore 의 SQL Server 2017 실행의 총 비용 비교

여기서 볼 수 있듯이, Kingston Technology DC500M 드라이브로 SQL Server 2017 실행에 필요한 vCore 를 16 개에서 8 개로 줄임으로써, 절감된 비용을 새로운 서버 구매에 사용할 수 있습니다. 4 vCore 로 전환하여 추가 절감된 \$7,434 를 통해, Windows Server 2019 Datacenter Edition 의 라이선스 비용의 60%를 충당할 수 있습니다.

¹⁵ 2019 년 10 월 16 일 검색한 Windows Server 2019 Datacenter 가격: <https://www.microsoft.com/en-us/cloud-platform/windows-server-pricing>

그림 목차

- 그림 1 - SQL Server 2008 R2 이후 SQL Server 에 추가된 새 기능 7
- 그림 2 - Kingston Data Center DC500M - solid state drive - 960 GB - SATA 6Gb/s 8
- 그림 3 - PowerEdge R740xd Rack Server 9
- 그림 4 - Kingston 의 Server Premier - DDR4 - 32 GB - DIMM 288-pin – 등록된 메모리 모듈 9
- 그림 5 - Dell - hard drive - 1.2 TB - SAS 12Gb/s 10
- 그림 6 - 157GB 데이터베이스를 위한 2,000 웨어하우스가 있는 TPC-C 를 실행하는 SQL Server VM 의 디스크 레이아웃. 10
- 그림 7 - TPCC 2,000 웨어하우스 데이터베이스의 각 테이블 크기..... 11
- 그림 8 - OLTP 워크로드에 최적화된 SQL Server 구성 11
- 그림 9 - SQL Server 2008 R2 에 사용되는 HDD 에 대한 데이터 드라이브 Diskspd 결과..... 14
- 그림 10 - SQL Server 2017 에 사용되는 DC500M 드라이브에 대한 데이터 드라이브 Diskspd 결과 14
- 그림 11 - HDD 에서 16 vCore 를 사용하는 SQL Server 2008 R2 결과 15
- 그림 12 - 16 vCore 를 사용하는 SQL Server 2008 R2 - 3 회 런의 평균..... 16
- 그림 13 - HDD 에서의 SQL Server 2008 R2 대 16 vCore 의 DC500M 드라이브에서 SQL Server 2017 의 비교..... 16
- 그림 14 - CPU 대 유휴시간을 퍼센티지로 나타낸 8 vCore 로 실행되는 SQL Server 2017 18
- 그림 15 - CPU 대 유휴시간을 퍼센티지로 나타낸 16 vCore 로 실행되는 SQL Server 2008 R2 18
- 그림 16 - 16 vCore 의 SQL Server 2008 R2 와 비교한 8 vCore 의 SQL Server 2017..... 19
- 그림 17 - 16 vCore 의 SQL Server 2008 R2 와 비교한 4 vCore 의 SQL Server 2017..... 20
- 그림 18 - 4 vCore 의 SQL Server 2017 과 16 vCore 의 SQL Server 2008 R2 의 TPM/사용자 비교 20
- 그림 19 - 비용 및 DC500M 드라이브를 통한 vCore 의 감소가 전체 비용을 얼마나 크게 줄이는지에 대한 전반적 비교 21
- 그림 20 - Dell PowerEdge R740XD 자재 비용 청구서 23
- 그림 21 - 8 개의 Dell 400-ATJL 드라이브의 자재 비용 청구서 24
- 그림 22 - 하드웨어 서버 비용 24
- 그림 23 - Standard Edition 을 사용하는 VM 의 Per Core 라인선스 26
- 그림 24 - HDD 에서의 SQL Server 2008 R2 실행과 Kingston DC500M 드라이브를 사용한 4 및 8 vCore 의 SQL Server 2017 실행의 총 비용 비교 26

상표

Kingston 및 Kingston 로고는 Kingston Technology Corporation 의 등록 상표입니다. IronKey 는 Kingston Digital, Inc 의 등록 상표입니다. 모든 권리 보유. 모든 상표는 각 소유권자의 자산입니다.

다음의 용어는 다른 회사의 상표입니다: Intel, Xeon 및 Intel 로고는 Intel Corporation 또는 미국과 기타 국가 내 그 자회사의 상표 또는 등록 상표입니다. Active Directory, Hyper-V, Microsoft, SQL Server, Windows, Windows Server 및 Windows 로고는 미국, 기타 국가 또는 그 모두에 있는 Microsoft Corporation 의 상표입니다. 기타 회사, 제품 또는 서비스 명칭은 해당 회사의 상표 또는 서비스표입니다.