

어디서나 데이터를 대량으로 저장하고 빠르게 액세스할 수 있는 제품

Solidigm™ D5-P5336는 솔리다임에서 만든 데이터 센터용 3세대 QLC SSD 제품입니다. 용량과 읽기 최적화 성능이 업계 최고 수준으로, 읽기 및 데이터 집약적 워크로드에 적합합니다.

D5-P5336는 비용에 최적화된 일부 TLC SSD를 능가하는 읽기 성능과 최대 61.44 TB¹에 달하는 용량을 갖춘 고집적도² 제품으로, 읽기 중심 워크로드에서 대규모 데이터세트를 효율적으로 처리하고 스케일링하도록 설계되었습니다. 이와 함께 집적도를 높이고 TCO(총소유비용, total cost of ownership)를 절감하며 스토리지 인프라의 지속가능성을 높입니다.

집적도 문제

요즘 워크로드에서는 데이터 수요가 갈수록 늘어나고 있습니다. AI 모델 중에는 2년마다 크기가 10배씩 늘어나는 것도 있습니다.³ 또한, 수많은 스트리밍 서비스가 과금형 제한 용량 모델을 버리고 무제한 무료 용량 모델을 채택하고 있습니다.⁴ 5G 보급이 확산되며 IoT 기기가 2023년 말까지 145억 대로 늘어날 것으로 전망되며,⁵ 데이터 리치 서비스 및 애플리케이션이 어디까지 성장할지 가늠조차 할 수 없는 상황입니다.

여기에 더해, 서비스 수준 향상과 비용 절감, 민첩성 강화를 위해 컴퓨팅과 스토리지를 엣지로 이전하는 경향도 나타나고 있습니다. 2018년까지만 해도 기존의 중앙 데이터베이스 센터나 클라우드 서비스 밖에서 처리되는 기업 생성 데이터의 비중은 10%에 불과했습니다. 그런데 Gartner에 따르면 2025년 기준으로 이 데이터의 75%가 엣지에서 만들어져 처리되고 저장될 전망입니다.⁶ 엣지의 제약을 감안하면 공간과 전력, 쿨링, 가용성과 같은 스토리지 문제는 전보다 더 시급한 상황입니다.

읽기 집약적 워크로드에 최적화된 기능

이 같은 상황에서, AI와 머신러닝(ML), 빅데이터 분석, 콘텐츠 전송 네트워크(CDN), 스케일 아웃 NAS, 오브젝트 스토리지, 엣지 활용에 필요한 데이터 파이프라인이나 데이터 레이크처럼 데이터 수요가 큰 최신 워크로드에서는 막대한 데이터를 빠르고 효율적으로 저장하고 액세스하는 능력이 필수입니다. D5-P5336는 TLC SSD에 필적하는 읽기 성능과 동급 제품보다 2-3배 더 큰 용량으로 두 가지 요건을 모두 충족합니다.

D5-P5336은 읽기 및 데이터 집약적 워크로드에서 TLC와 동등한 성능을 제공합니다.

제품	SR 128K	RR 4K	SW 128K	RW 4K	최대 내구성 ⁷ lifetime Petabytes Written (PBW)	최대 용량
제품 A ⁸	0.98X 최대 6700 MB/s	1.1X 최대 1.1M IOPS	0.73X 최대 4000 MB/s	0.80X 최대 200K IOPS	0.5X 14 PBW	0.5X 7.68 TB
제품 B ⁹	1X 최대 6800 MB/s	1X 최대 1.0M IOPS	1X 최대 5600 MB/s	1X 최대 250K IOPS	1X 28 PBW	1X 15.36 TB
제품 C ¹⁰	1X 최대 6800 MB/s	1X 최대 1.0M IOPS	0.89X 최대 5000 MB/s	0.80X 최대 200K IOPS	0.6X 16.8 PBW	2X 30.72 TB
Solidigm™ D5-P5336⁷	1.03X 최대 7000 MB/s	1X 최대 1.005M IOPS	0.59X 최대 3300 MB/s	0.15X 최대 38K IOPS	2.3X 65 PBW	4X 61.44 TB
제품 D ¹¹	0.97X 최대 6600 MB/s	1X 최대 1.05M IOPS	1.07X 최대 6000 MB/s	0.78X 최대 195K IOPS	1X 28 PBW	1X 15.36 TB

D5-P5336에서 지원하는 폼 팩터와 용량으로 더 폭넓은 1U 및 2U 서버 구성과 TCO 절감이 가능합니다.

폼 팩터	D5-P5316 ¹²	제품 C ¹⁰	D5-P5336 ⁷	D5-P5336의 장점
U.2/U.3 15 mm	U.2 15.36-30.72 TB	U.3 30.72 TB	U.2 7.68-61.44 TB	많이 보급된 U.2 지원, 더 넓은 용량 범위
E3.S 7.5 mm	해당 사항 없음(N/A)	N/A	7.68-61.44 TB	E3.S 지원으로 운영 효율 개선
E1.L 9.5 mm	15.36-30.72 TB	30.72 TB	7.68-61.44 TB	더 넓은 용량 범위

코어부터 엣지까지 전례 없는 가치

D5-P5336은 읽기 속도가 빠르며 용량도 크고 저렴해 읽기 중심 워크로드에서 구성이 달라져도 TCO를 낮추고 지속가능성을 높이는 효과가 있습니다. 아래 표는 이론적인 100 PB 오브젝트 스토리지 솔루션을 기준으로 했을 때 레거시 기반의 솔루션과 비교한 D5-P5336의 가치를 정리한 것입니다.

D5-P5336 TCO Savings ¹³	All-TLC SSD 어레이 ¹⁴	하이브리드 TLC SSD + HDD 어레이 ¹⁵	All-Nearline SAS/SATA HDD 어레이 ¹⁶
	최대 2배 적은 서버 수	최대 15배 적은 서버 수	최대 12.5배 적은 서버 수
	최대 20% 낮은 5년 에너지 비용	최대 6배 낮은 5년 에너지 비용	최대 4.9배 낮은 5년 에너지 비용
	TCO 최대 17% 절감	TCO 최대 61% 절감	TCO 최대 47% 절감

앞서 언급했듯이 드라이브의 용량은 엣지에서 크게 증가합니다.

D5-P5336 용량	HDD와 TLC SSD 대비 엣지의 장점
최대 61.44 TB	엣지 서버에서 저장 용량 2-3배 증가 ¹⁷
폭넓은 EDSFF 포트폴리오	데이터 저장 공간 확대, 운영 효율 향상
중량 효율	그램 당 TLC 대비 최대 3.4배, HDD 대비 최대 13.7배 더 큰 용량으로 후대성 강화 ¹⁸
높은 PBW	더 긴 사용연한

신뢰할 수 있는 배포

저장장치에서 기본이 되는 요건 두 가지는 항상 이용 가능해야 한다는 것과 불량 데이터가 없어야 한다는 것입니다. 이 요건을 100% 보장하는 저장장치는 없겠지만, 솔리다임은 수십 년간 축적한 경험과 업계 최고의 기술력으로 그 두 가지 목표를 지향하고 있습니다. 그 시작은 설계로, 이 단계에서 솔리다임은 정전 방지 대책을 거듭 점검하여 데이터가 정확히 저장되는지 확인하고 SRAM의 99%를 커버하는 오류 정정 코드(ECC)로 데이터 경로를 보호합니다.¹⁹ 이어서 업계 표준보다 엄격한 시험과 검증을 실시합니다. 예를 들면 JEDEC 사양보다 10배 더 높은 수정 불능 비트 오류율(UBER)을 기준으로 시험합니다.²⁰ 이 같은 솔리다임의 노력은 결과로 나타나고 있습니다. 실제로 고 물량 제조 시 연간 장애율(AFR)은 0.44% 이하라는 목표치를 꾸준히 초과 달성하고 있고²¹ 로스 앨러모스 국립연구소에서 600만 년이 넘는 시뮬레이션 드라이브 수명으로 다섯 세대의 SDC 저항력을 시험한 결과 SDC 이벤트가 0건이었습니다.²²

솔리다임 D5-P5336의 주요 특징⁷

제품명	솔리다임 D5-P5336			
미디어	192L QLC NAND			
전원 차단 후 보존 기간	3개월 @ 40°C			
인디렉션 장치	16 KB			
사용자 용량	7.68 TB	15.36 TB	30.72 TB	61.44 TB
내구성 (5년 DWPD) ²³	0.42	0.51	0.56	0.58
내구성 (PBW) ²³	5.9	14.1	31.5	65.2
최대 전력	25 W			
대기 전력	<5 W			
UBER	10 ¹⁷ 비트 읽기 당 1섹터 미만			
MTBF	200만 시간			
주요 기능	OCP 2.0 지원 ²⁴ , 2 NVMe 1.4 준수 ²⁵ , 25 FIPS 140-3 Level 2			



- 1 솔리다임 D5-P5336 U.2와 E1.L 15.36 TB와 30.72 TB는 현재 판매 중. 그 외 용량과 폼 팩터는 2023년 하반기 출하 예정.
- 2 솔리다임 D5-P5336의 집적도 [18.6 Gb/mm²](#)를 마이크론의 현재 최고 출하 집적도인 [14.55 Gb/mm²](#)과 삼성의 현재 최고 출하 집적도 [10.59 Gb/mm²](#) (미출하 상태)와 비교한 결과.
- 3 Towards Data Science. "Parameter counts in Machine Learning." 2021년 7월. <https://towardsdatascience.com/parameter-counts-in-machine-learning-a312dc4753d0>.
- 4 Netflix, Hulu, Amazon Prime, 및 Spotify 등 스트리밍 서비스에 관한 연구 자료 참조
- 5 Orion Talent. "The Future of the Data Center Industry: Trends & Analytics for 2022 & Beyond." 2022년 5월. www.oriontalent.com/recruiting-resources/blog/575/data-center-trends.
- 6 Gartner. "What Edge Computing Means for Infrastructure and Operations Leaders." 2018년 10월. www.gartner.com/smarterwithgartner/what-edge-computing-means-for-infrastructure-and-operations-leaders.
- 7 솔리다임 D5-P5336 제품 사양과 현재 5쿼터 로드맵. 61.44 TB, 100% 16K 읽기/쓰기(RW) 내구성.
- 8 삼성 PM9A3. 출시된 최대 용량 드라이브의 성능과 PBW. https://image.semiconductor.samsung.com/resources/data-sheet/Samsung_SSD_PM9A3_Data_Sheet_Rev1.0.pdf.
- 9 마이크론 7450. 출시된 최대 용량 드라이브의 성능과 PBW. https://media-www.micron.com/-/media/client/global/documents/products/product-flyer/7450_nvme_ssd_product_brief.pdf.
- 10 마이크론 6500 ION. 성능과 PBW. 출처 www.micron.com/products/ssd/product-lines/6500-ion.
- 11 키오시아 CD6-R. 출시된 최대 용량 드라이브의 성능과 PBW. <https://americas.kioxia.com/content/dam/kioxia/shared/business/ssd/data-center-ssd/asset/productbrief/dSSD-CD6-R-product-brief.pdf>.
- 12 솔리다임 D5-P5316 제품 개요.
- 13 TCO 계산은 솔리다임 내부 TCO 추정 틀 사용. 무료 도구(<https://estimator.solidigm.com/ssdtko/index.htm>)로 제품 출시 후 솔리다임 D5-P5336의 TCO 계산 가능. 비교 시 주요 공통 소비 항목: 전력 비용 = \$0.15/KWh, PUE 계수 = 1.60, 빈 랙 구매 비용 = \$1,200, 시스템 비용 = \$10,000, 배포 기간 동안의 랙 비용 = \$171,200.
- 14 All-QLC 구성: 용량: 솔리다임 D5-P5336, 61.44 TB, E1.L 9.5 mm, 7,000 MB/s 처리량, 25 W 평균 동작 쓰기 전력, 5 W 대기 전력, 95% 용량 활용, RAID 1 미러링. All-TLC 구성: 용량: 마이크론 6500 ION, 30.72 TB, E1.L 9.5 mm, 6,800 MB/s 처리량, 20 W 평균 동작 쓰기 전력, 5 W 대기 전력, 95% 용량 이용, RAID 1 미러링; www.micron.com/products/ssd/product-lines/6500-ion.
- 15 All-QLC 구성: 싱글 레이어 용량: 솔리다임 D5-P5336, 61.44 TB, U.2, 7,000 MB/s 처리량, 16 W 평균 동작 쓰기 전력, 5 W 대기 전력, 95% 용량 활용, RAID 1 미러링, 계산된 듀티 사이클 8.9%. 하이브리드 구성: 용량: 씨게이트 EXOS X20 20 TB SAS HDD ST18000NM007D ([datasheet](#)), 70% 숏 스트로크 처리량 계산 결과 500 MB/s, 9.4 W 평균 동작 전력, 5.4 W 대기 전력, Hadoop 3중화, 20% 듀티 사이클. 캐시: 마이크론 7450 15.36 TB, 6,800 MB/s 처리량, 16.6 W 평균 동작 쓰기 전력, 5 W 대기 전력, 고객 서비스 수준 계약(SLA) 충족을 위해 7% 캐시 대 용량 비 권장, www.micron.com/products/ssd/product-lines/7450.
- 16 All-QLC 구성: 용량: 솔리다임 D5-P5336, 61.44 TB, U.2, 7,000 MB/s 처리량, 25 W 평균 동작 쓰기 전력, 5 W 대기 전력, 95% 용량 활용, RAID 1 미러링, 계산된 듀티 사이클 8.9%. All-HDD 구성: 용량: 씨게이트 EXOS X20 20 TB SAS HDD ST18000NM007D ([datasheet](#)), 9.8 W 평균 동작 전력, 5.8 W 대기 전력, 70% 숏 스트로크 처리량 계산 결과 500 MB/s, Hadoop 3중화, 20% 듀티 사이클.
- 17 HDD 대비 엡지 집적도의 장점. 61.44 TB D5-P5336을 20 TB 씨게이트 EXOS 20로 대표되는 일반적인 최대 용량 20 TB와 비교. HDD 용량은 스토리지 성능 수요를 충족하기 위해 필요한 오버프로비저닝을 고려하지 않음. [Open19 IU 하프 브릭 서버 구성](#)에서 일반적인 최대 4 x 3.5" HDD 또는 U.2 드라이브. TLC SSD 대비 엡지 집적도의 장점. 61.44 TB D5-P5336을 30.72 TB 마이크론 6500 ION과 비교. Open19 IU 하프 브릭 서버 구성에서 착안한 최대 4 x U.2 또는 U.3 드라이브.
- 18 HDD 대비 중앙 효율. D5-P5336 61.44 TB U.2: 61,440 GB/150 g = 409.6 GB/g을 씨게이트 EXOS X20 20 TB HDD SAS 3.5": 20,000 GB/670 g = 29.9 GB/g와 비교. HDD 용량은 스토리지 성능 수요를 충족하기 위해 필요한 오버프로비저닝을 고려하지 않음. TLC SSD 대비 중앙 효율. D5-P5336 61.44 TB U.2: 61,440 GB/150 g = 409.6 GB/g을 [KIOXIA CD6-R](#) 15.36 TB U.3: 15,360 GB/130 g = 118.1 GB/g와 비교.
- 19 PLI(Power Loss Imminent) 강화: 전원 공급 재개 시 추가 펌웨어 점검으로 데이터의 정확한 저장 여부 확인. 타사 제품에도 이 추가 펌웨어 검사 기능이 있는지는 불분명합니다. 강력한 엔드-투-엔드 데이터 보호: ECC와 CRC를 동시에 활성화할 수 있는 이중화 기능이 내장되어 있습니다. 컨트롤러 내의 모든 중요 스토리지 어레이(인스트러션 캐시, 데이터 캐시, 인디렉터 버퍼 및 PHY 버퍼)를 보호합니다. 99%가 넘는 ECC의 SRAM 적용 범위는 업계에서 가장 높은 수준입니다.
- 20 수정 불능 비트 오류율(UBER) - JEDEC 사양보다 10배 높은 수준으로 테스트되었습니다. 솔리다임은 드라이브 수명 기간 동안 전체 범위의 조건 및 사이클 수에서 1E-17 테스트를 거쳤으며, 이는 JEDEC "솔리드 스테이트 드라이브 요구 사항 내구성 테스트 방법(JESD218)"에 명시된 1E-16 테스트보다 10배 높은 수준입니다. www.jedec.org/standards-documents/focus/flash/solid-state-drives. SDC(Silent Data Corruption) 1E-25로 모델링했습니다. 일반적인 안정성 데모 테스트에서는 1E-18 모델까지 1,000 시간 동안 1,000개 SSD를 테스트했습니다. 솔리다임 드라이브는 로스 앨머로스 국립연구소(Los Alamos National Labs)의 중성자원(neutron source)에서 1E-23에 대한 SDC 취약성을 측정하고 1E-25로 모델링한 테스트를 거쳤습니다.
- 21 2023년 3월 기준 연간 장애율(AFR). 솔리다임에서 AFR은 고객 반품 항목 중에서 정상 작동하고 즉시 사용 가능한 것으로 판명된 제품을 뺀 값입니다.
- 22 솔리다임 드라이브는 로스 앨머로스 국립연구소의 중성자원에서 1E-23에 대한 SDC 취약성을 측정하고 1E-25로 모델링한 테스트를 거쳤습니다. 테스트는 먼저 특정 데이터 패턴으로 드라이브를 미리 채웁니다. 다음으로, 중성자 빔이 드라이브 컨트롤러의 중앙에 집중되는 동안 입력/출력(I/O) 명령을 지속적으로 실행하면서 정확성을 확인합니다. 드라이브에 장애가 발생하여 멈추거나 브릭(brick) 상태가 되면 테스트 스크립트가 드라이브와 중성자 빔의 전원을 끕니다. 이후 드라이브를 재부팅하고 데이터 무결성을 검사하여 장애 원인을 분석합니다. SDC는 런타임동안 전원 차단 명령을 유발하거나 재부팅 후 사용 중인 데이터 손상으로 중성자 빔이 제어 로직과 충돌해 드라이브가 멈춘 경우에도 관찰될 수 있습니다. 드라이브는 데이터 무결성을 보장할 수 없을 때 논리적 비활성화(브릭) 상태가 되기 때문에 브릭 AFR은 오류 처리 효율성의 척도로 사용됩니다. 솔리다임 드라이브는 4세대에 걸쳐 이 테스트 절차를 사용해 왔습니다. 여러 세대에 걸친 누적 테스트 시간은 6백만 년이 넘는 운영 수명에 상당하며, 이 동안 SDC 오류는 한 번도 감지되지 않았습니다. 최근에 실시한 테스트에서는 솔리다임 D5-P5430 드라이브와 동일한 컨트롤러와 유사한 펌웨어를 사용하는 솔리다임 D5-P5520 드라이브를 사용했습니다. 테스트한 경쟁사 드라이브는 삼성 983 ZET, 삼성 PM9A3, 삼성 PM1733, 마이크론 7400, 마이크론 7450, 키오시아 XD6, 도시바 XD5 및 WD SN840이었습니다.
- 23 IU 정렬 내구성, 100% RW 16 KB 워크로드 계산 기준.
- 24 준수/지원 세부사항은 D5-P5336 제품 예외 및 수정 기준 참조.
- 25 Q1 SKU는 NVMe 버전 1.4와 NVMe MI 1.1 준수. NVMe 2.0과 NVMe-MI 1.2 지원은 PRQ2와 후속 릴리스에서 대상이 될 예정입니다.
- 26 키오시아. 출시된 최대 용량 드라이브의 성능과 PBW. <https://americas.kioxia.com/content/dam/kioxia/shared/business/ssd/data-center-ssd/asset/productbrief/dSSD-CD8-R-U2-product-brief.pdf>

현재 특정된 errata 정보는 요청 시 제공됩니다.
 제품을 주문하기 전에 솔리다임 담당자 또는 판매처에 문의하여 최신 사양을 확인하십시오.
 본 문서, 참조 문서, 또는 기타 솔리다임 문서의 사본을 원하는 경우 솔리다임 담당자에게 문의하시기 바랍니다.
 명시된 모든 제품, 컴퓨터 시스템, 날짜 및 수치는 현재 예상치를 기준으로 한 예비 정보이며 사전 통지 없이 변경될 수 있습니다.
 © Solidigm. "Solidigm"은 SK hynix NAND Product Solutions Corp의 등록 상표입니다. 기타 명칭 및 브랜드는 해당 소유 업체의 자산입니다.