

Silicon Motion's PCIe FerriSSD®

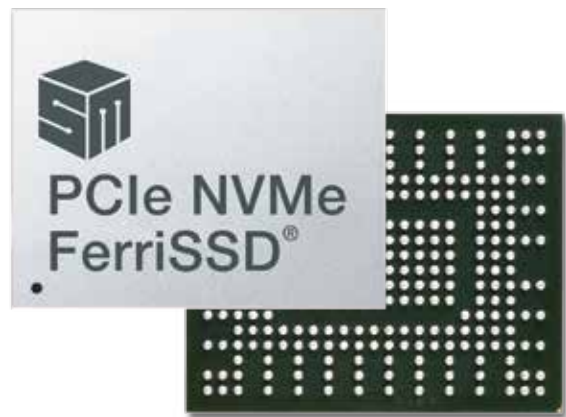
산업 및 임베디드 애플리케이션 전용으로 디자인된 스토리지 솔루션

IOT의 인기가 높아지면서, 빠른 전송 속도의 강력한 데이터 기능에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 이러한 수요는 부팅 드라이브뿐만 아니라 저장 장치의 성능에 대한 기대로 해석할 수 있으며, 이에 따라 PCIe/NVME SSD 시장은 호황을 누리고 있다.

산업용 임베디드 시스템은 더욱 안정적인 플래시 데이터 스토리지를 필요로 하며, PCIe/NVME SSD는 애플리케이션 성능을 향상시켜 임베디드 시스템이 더 많은 작업과 복잡한 쿼리를 더 짧은 시간 내에 처리할 수 있도록 한다. I/O 중심의 로그 파일이나 빈번히 테이블 검색은 분석 엔진의 속도를 저감시킨다. PCIe 기반의 플래시 스토리지는 데이터를 프로세서에 가까이 만들어 빠른 반응 시간을 보장한다. 수 많은 소비자 및 비즈니스 기반 애플리케이션에서는 짧은 시간에 방대한 양의 데이터를 생성한다. 이렇게 수집된 데이터는 대용량, 빠른 속도 및 다양성을 특징으로 한다.

소비자 컴퓨팅용 스토리지와 대비하여 임베디드 시스템 분야에서의 데이터 스토리지 기술의 신뢰성은 널리 관심을 받고 있다. 데이터 스토리지의 신뢰성은 정전, 메모리 장애, 시스템의 불안정성, 그리고 인위적 오류 등과 같은 많은 요인에 의해 영향을 주고 있다. 데이터 손상 또는 데이터 손실에 의해 시스템 장애가 발생하지 않도록 하기 위해 데이터 보호 기술은 NAND 플래시 스토리지의 주요 요인으로 간주하고 있다.

PCIe FerriSSD®는 더 빠른 액세스 속도, 작고 융통성을 가진 폼팩터, 안정적 부팅 및 스토리지 드라이브를 요구하는 다양한 임베디드 애플리케이션을 위한 최적적 설계된 제품이다. 강력한 부트 로드 SSD 성능 사양 및



강력한 데이터 보호 기능을 충족하기 위해, SMI의 새로운 PCIe FerriSSD는 DRAM 캐시로 설계되었으며, 데이터 무결성과 SSD 부트 로더의 수명, 가성비 및 성능을 향상시키는 독특한 기술을 통합하여 개발되었다.

- 데이터 이중화 기능을 가진 DRAM 캐시
- 풀 End-to-end 데이터 경로 보호 기능
- IntelligentScan 및 DataRefresh
- 하이브리드 구역

데이터 이중화 기능을 가진 DRAM 캐시 - 전송 중 데이터의 무손실 보장

새로운 PCIe FerriSSD는 자체 오류 탐지 및 수정(ECC) 기능을 가진 내장형 DRAM이 구성되어, 빈번한 읽기/쓰기 캐시 요청을 보호하고, 논리-물리 주소 간의 매핑 정보를 저장한다. PCIe FerriSSD가 호스트 시스템과의 통신할 경우, NAND로 데이터를 쓰거나 읽어 들이게 되며, 동시에 DRAM은 일시적으로 내부 플래시 매핑 테이블과 처리 중인 중복 사용자 데이터를 저장하게 된다. 데이터 프로그래밍 도중 NAND 미디어의 결함이 갑자기 발생할

경우, PCIe FerriSSD는 DRAM에 저장된 이중화 데이터를 이용하여, 호스트 측에 지연 문제를 발생하지 않고 NAND로의 데이터 프로그래밍을 정상적으로 완료할 수 있도록 한다. 추가된 보호 기능은, NAND와 호스트 간의 데이터 전송 중에 발생할 수 있는 데이터 손실의 위험을 크게 경감시킨다.

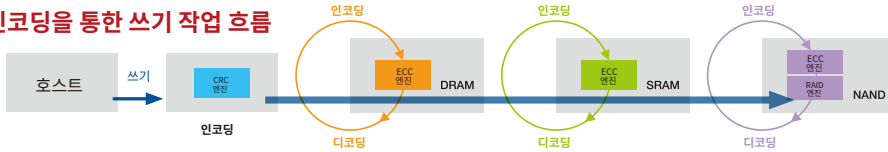
풀 End-to-end 데이터 경로 보호 기능 - 호스트로의 데이터 오류 전송 제로화

전통적인 SSD는, 해당 데이터 경로의 가장 말단(프론트 엔드 호스트 인터페이스 및 백 엔드 NAND 인터페이스)에 오류 탐지 및 교정 회로를 구성한다. 이 방식은 내부 SRAM 및/또는 DRAM 전송 버퍼 및 기타 다른 회로 경로에 중요한 격차를 발생시키게 된다. NAND 인터페이스와 호스트 사이에서 발생하는 데이터 오류(예: 소프트 오류 비트)는 식별 및 재현하기가 대단히 어려운 경우가 많다.

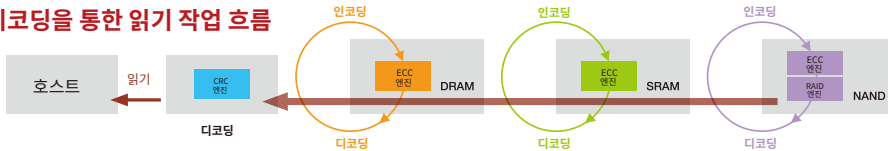
전통적인 SSD의 경우 일부 내부 오류 탐지 회로를 갖고 있지만, PCIe FerriSSD는 풀 데이터 복구 엔진을 통합하여 호스트-NAND-호스트라는 전체 데이터 경로에 걸쳐 데이터 무결성을 향상시킨다.

PCIe FerriSSD 데이터 복구 알고리즘은, 하드웨어 오류(예: ASIC), 펌웨어 오류, 메모리 오류(SRAM, DRAM 또는 NAND) 등, SSD 데이터 경로에 존재하는 모든 유형의 오류를 효과적으로 탐지할 수 있다. PCIe FerriSSD는 추가 이중화 백업을 NAND-(SMI Ferri Group Page Raid)에 생성하여, NAND 미디어에 수정 불가능한 오류가 발생할 확률을 억제한다. PCIe FerriSSD가 자체 교정이 불가능한 오류를 탐지하게 되면, 적절한 복구 처리를 위해, 오류 플래그를 호스트로 전달한다. 전통적인 SSD는 오류 데이터를 호스트로 오류 플래그 없이 전달하는데, 이는 호스트에 오류 복구 처리의 필요를 인지하도록 하지 못하여, 초기의 이슈가 더 악화될 개연성이 높다는 문제점이 존재한다.

인코딩을 통한 쓰기 작업 흐름



디코딩을 통한 읽기 작업 흐름



End-to-end 데이터 경로 보호

- SSD 전체에 대한 오류 탐지
- DRAM 오류 탐지 및 교정
- SRAM 오류 탐지 및 교정
- NAND 플래시 ECC 탐지 및 교정

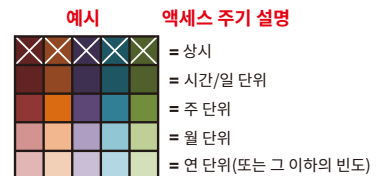
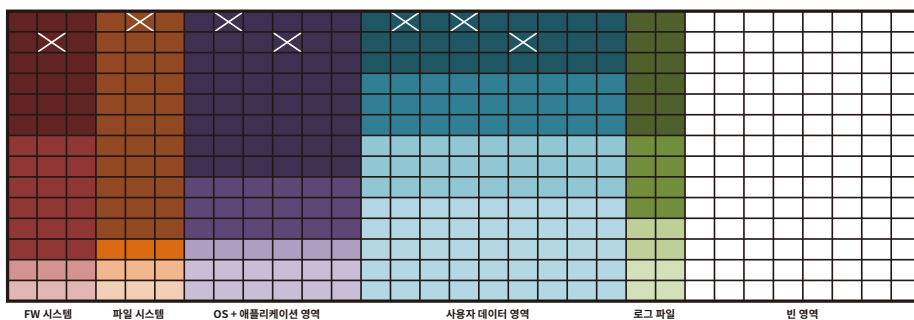
- 하드-디코드(BCH)
- 소프트-디코드(LDPC)
- 그룹 페이지 RAID

오류 데이터는 절대 호스트로 전달되지 않음

IntelligentScan & DataRefresh - 선제적인 데이터 손실 방지 기능

잠재적 데이터 손실을 방지하기 위해, PCIe FerriSSD의 IntelligentScan 기능은 NAND 미디어를 선제적으로 스캔하고 리프래쉬(DataRefresh 기능)

하며, 오류가 발생하기 전에 예방 조치를 취하는 방식으로 데이터의 무결성을 향상시킨다. 이러한 기능은 P/E 사이클의 누적량이 증가할수록, 그리고 주변 온도 작동 환경에서 데이터 보유 시간이 경과할수록 더욱 더 중요한 기능이 된다.



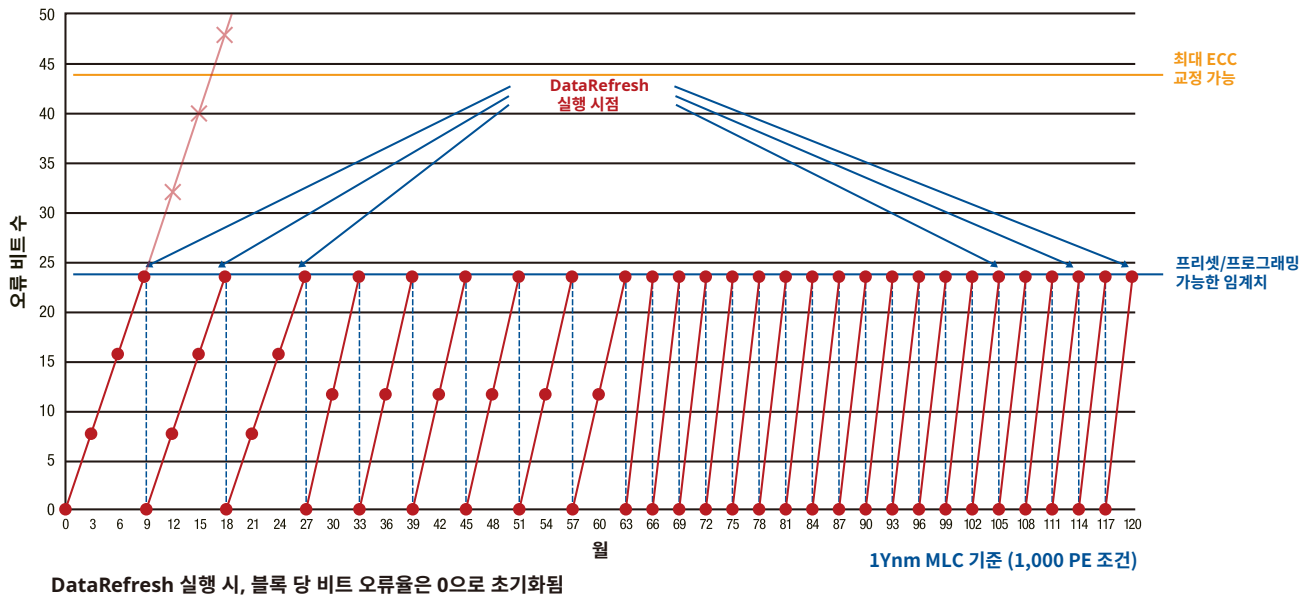
데이터 보유에 대한 열 영향

데이터 보유의 장애 요소 중 하나는 NAND 온도의 상승이다. 주변 작동 온도가 증가할수록, NAND 자체의 데이터 보유 능력이 감소하기 때문이다. PCIe FerriSSD는 SMI의 특허를 받은 모니터링 알고리즘을 채택하였다. 이 알고리즘은 정선의 온도 표시 값을 누적하여 로그를 기록하며, P/E 사이클수, SSD 시동 시간 및 기타 필수적인 참조 정보를 기록하여 DataRefresh 작업을 실시할 NAND 셀과 그 시점을 동적으로 선택하고 우선순위를 부여한다. IntelligentScan 및 DataRefresh 기능은 서로 연동하여 데이터 복구 불가하게 되기 전에 다양한 온도 조건 하에서 데이터 보유 능력을 크게 확장시킨다.

NAND 데이터 보유에 대한 열 영향

온도	SLC (최대 PE 조건)	MLC (최대 PE 조건)
40	75.58 Mo	12 Mo
55	12 Mo	1.88 Mo
70	2.14 Mo	0.34 Mo
85	0.45 Mo	0.07 Mo

85°C 온도 조건에서의 데이터 보유 기능 시뮬레이션 결과



읽기 간섭

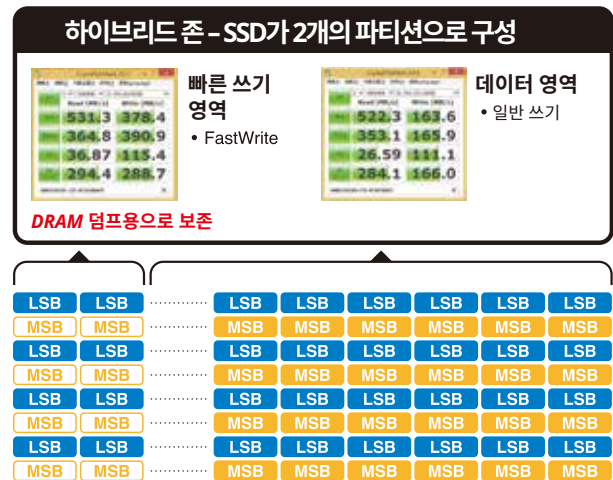
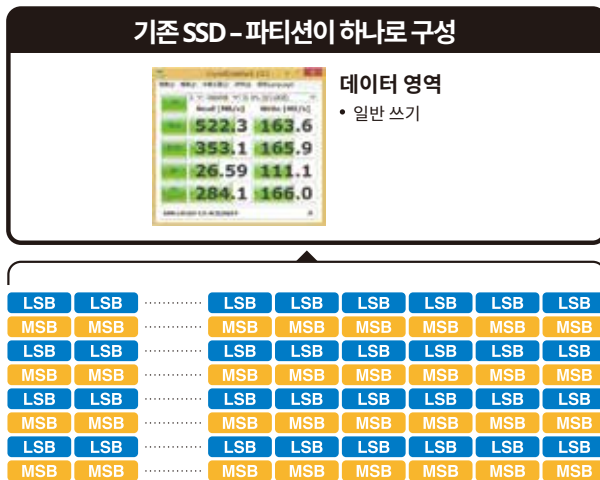
특정 셀에서 과도한 읽기 사이클이 실행되면, 인접 셀에 의도하지 않은 과충전이 발생하며, 이는 복구가 불가능한 비트 오류로 이어지게 된다. FerriSSD는 읽기 사이클이 반복되는 NAND 블록들에 대하여 IntelligentScan 및 DataRefresh를 주기적으로 실시하여, 잠재적인 읽기 간섭 오류를 회피한다. 4세대 알고리즘(Intelligent Scan)인 PCIe FerriSSD 펌웨어는 DataRefresh의 사이클과 처리 시간을 자동으로 관리하여, NAND 기능에 대한 과도한 읽기(소프트) 충전 영향에 따른 데이터 손실을 최소화한다.

하이브리드 존 -

가성비, 신뢰성 및 성능 간 최적의 균형을 제공

전통적인 SSD는 온보드 NAND 다이에 단층 셀(SLC), 다층 셀(MLC) 또는 새로운 3D 삼중층 셀(TLC)로 구성된다. 이 세가지 유형 중 어떤 것을 선택할지는, 각

셀 유형이 가진 메모리 밀도와 고유한 액세스 대기 균형(trade-off)에 따라 결정된다. PCIe FerriSSD에는 하이브리드 존(Hybrid Zone)이 구성되는데, 이는 단일 NAND 다이를 SLC 및 MLC/TLC 구역으로 파티션을 나누는 독특한 기능을 의미한다. 하이브리드 존은 단일 드라이브의 파티션을 지원하는 특징이 있으며, 따라서 저밀도 또는 중밀도 SSD에 특히 유용한 기술이라고 할 수 있다. MLC/TLC의 밀도에 대한 이점을 앞서 말하지는 않지만, 단일 NAND 다리로 구성된 SSD는 여전히 빠른 속도의 쓰기 SLC 메모리를 유지할 수 있으며, 이는 비상 정지 작동에 이상적인 것이다. 메모리 일부가 SLC로 구현되지 않을 경우, MLC/TLC의 전원 차단에 필요한 배터리 스토리지의 비용 및 크기는 모두 증가하게 된다. SLC 메모리의 구현은, 코드 부팅을 위하여 SLC를 할당하는 등, 높은 신뢰도와 빠른 액세스에 이상적인 요건이 되며, 동시에 더 높은 밀도의 MLC/TLC 사용을 위해 NAND 미디어의 일부를 보존한다.



결론

임베디드/산업용 애플리케이션의 최신 세대 기술은 더 빠른 데이터 전송 속도 및 강력하고 신뢰할 수 있는 데이터 저장 능력에 중점을 두고 있다. PCIe SSD 마이그레이션은 임베디드 스토리지라는 주요한 추세를 반영하는 바람직한 솔루션을 제공하고 있다. 새로운 PCIe FerriSSD는 개선된 성능을 제공하며, 뿐만 아니라, 이중화 설계된 임베디드 DRAM 데이터를 이용, 데이터 전송 중 SSD의 데이터 손실을 방지한다. 3D TLC/MLC/SLC 모드에서 5-240GB 용량을 지원한 새로운 PCIe FerriSSD는 특수 설계를

위한 비용 절감의 탄력성을 제공한다. 많은 임베디드 애플리케이션에 있어서, 개선된 성능 및 데이터 보호 기능이 추가된 새로운 PCIe FerriSSD는 이론적으로 이상적인 솔루션이다. SMI사의 엔지니어들은 SSD의 수명을 연장시킬 수 있는 선진한 기술의 풀 배열을 개발하였으며, 이에는 4세대 데이터 복구 알고리즘이 포함된다. 새로운 PCIe FerriSSD는 데이터 무결성과 가성비 또는 성능에 최적의 균형을 제공하여 임베디드/산업용 애플리케이션을 위한 최적의 솔루션이다.

Ferri 계열에 자세한 내용은 www.siliconmotion.com을 방문하거나 ferri@siliconmotion.com으로 이메일을 보내십시오