

Silicon Motion's Ferri Family

차량용 임베디드 플래시 기반 스토리지의 최적화

앞으로의 차량용 인포테인먼트 (IVI) 시스템은 많은 데이터 용량을 필요하게 되며 계속해서 수요는 증가할 전망입니다. 지도와 네비게이션, 음악과 엔터테인먼트, 스마트폰 사용자 인터페이스 및 기타 IVI 애플리케이션의 미러링 작업들이 자동차에서 사용하는 메모리 수요를 증가시키고 있습니다.

시장조사에 의하면 고급 차량에서 2014년에 일반적으로 32GB였던 사용자 데이터 스토리지 요구량이 2020년에 256-512GB로 증가할 것으로 전망합니다.

한 때 자동차 메이커들이 대용량 데이터 스토리지는 기술이 익숙한 하드 디스크 드라이브(HDD)를 선택하였지만, 안정성과 수명을 염려하여 솔리드 스테이트 드라이브(SSD) 또는 임베디드 멀티미디어 카드(eMMC)로 교체되었습니다.

솔리드 스테이트 솔루션은 데이터 스토리지로서 자동차 메이커들의 수요에 잘 맞으며, 높은 품질 및 안정성 표준을 유지하기 위해 자사 제품에 사용하는 부품과 모듈을 아주 엄격한 절차 및 품질 기준으로 관리합니다. HDD와 달리, SSD, eMMC 또는 UFS제품에는 기계적인 부품이 포함되지 않으므로 기계적인 고장이 발생하지 않고 충격이나 진동으로 인한 손상을 발생할 가능성이 적습니다.

그럼에도 불구하고, SSD, eMMC 및 UFS의 토대가 되는 NAND 플래시 어레이는 적절하게 관리하지 않을 경우 데이터 손상 또는 데이터 로스를 유발할 수 있는 본연의 특성을 가지고 있습니다. 따라서, 전기-기계적 시스템을 솔리드 스테이트 시스템으로 교체하는 것 자체만으로는 긴 수명의 안정성 있는 성능을 보장하지 않습니다. 이 문서에서는 솔리드 스테이트 데이터 스토리지 시스템의

오류 모드를 정리하고, 최신 대용량 SSD, eMMC 및 UFS의 안정성과 수명을 긴밀하게 제어하는 데 사용되는 기술과 프로세스에 대해 설명합니다.

자동차 산업에서 선호하는 MLC NAND

NAND 플래시는 현재 수십억 개의 스마트폰, 태블릿, 미디어 플레이어 및 셋톱 박스에서 사용되는 기본 메모리이며, 또한 SSD, eMMC 및 UFS에 사용되는 스토리지 미디어입니다. NAND 플래시는 크게 세 가지 유형으로 구분할 수 있습니다. SLC(싱글 레벨 셀), MLC(멀티 레벨 셀), TLC(트리플 레벨 셀). 최신 버전의 TLC 인 3D TLC는 TLC보다 훨씬 더 높은 메모리 밀도를 달성하기 위해 스택 방식 구성을 사용합니다. MLC 플래시의 메모리 밀도는 TLC보다는 낮고 SLC보다는 높습니다.

자동차 SSD, eMMC 및 UFS 애플리케이션에서 현재 MLC NAND가 선호되고 있는데 그 이유는 TLC NAND에 비해 높은 밀도, 높은 안정성, 낮은 비용, 데이터 로스 및 손상에 대한 낮은 민감성 때문입니다. 현재 MLC NAND 기반 eMMC 제품의 일반적인 데이터 스토리지 용량은 최대 64GB에 달하고, MLC NAND 기반 SSD의 경우에는 최대 512GB에 이릅니다.

그러나 MLC NAND 플래시의 사용은 데이터 무결성과 보존에 취약한 부분이 있습니다. 그 리스크는 무엇이고, 또는 자동차 사용자들이 SSD, eMMC 및 UFS 제조업체에게 이것을 어떻게 관리하기를 기대하는지에 대해 한번 살펴봅시다.

SSD/eMMC/UFS 제품 전체 수명의 리스크 평가

NAND 플래시 어레이가 가진 고유의 고장 또는 데이터 로스 리스크가 세 가지 단계에서 발생합니다.

- 새 디바이스를 제작 후 얼마 되지 않았을 때 조기 고장이 발생합니다. NAND 플래시 제조 공정이 가진 가변성으로 인해 제품이 약하거나 불량한 블록(Bad Block) 또는 셀을 만들게 되는 것을 피할 수 없습니다.
- 디바이스의 정격 수명 동안 다양한 데이터 로스 또는 손상의 다양한 잠재적 원인이 있는데, 여기에는 호스트와 NAND 플래시 어레이 간 전송에서 발생하는 비트 오류, 갑작스러운 정전 사고, 데이터 보유에 영향을 주는 열 스트레스, 읽기 방해 등이 포함됩니다.
- End Of Life - NAND 플래시 제품은 P/E(프로그램/지우기) 사이클로 측정되는 사이클 수명을 가지고 있으며 모든 메모리 셀은 이 사이클을 초과하면 더 이상 사용할 수 없는 셀로 간주됩니다.

고장의 처음 두 범주는 자동차 시스템에서 매우 바람직하지 않습니다. 이 때문에 Silicon Motion은 Ferri 계열인 데이터 스토리지 제품에서 NAND 플래시 어레이의 정격 수명 동안 고장 및 데이터 로스의 리스크를 최소화하거나 없애기 위한 기술과 테크닉을 개발했습니다.

이러한 기술을 통해 Silicon Motion은 AEC-Q100 인증을 획득한 FerriSSD 및 Ferri-eMMC 제품 사용자들에게 제품의 안정성과 긴 작동 수명에 대한 자동차 업계의 격한 요구 사항을 만족 시킬 수 있습니다. SSD 부트 로더의 데이터 무결성, 긴 작동 수명 및 성능을 향상 시키는 Ferri 계열 제품의 특징은 다음과 같습니다.

- 모든 셀, 페이지 및 블록의 100% 스크린과 납품 전 종합 품질 관리로 매우 낮은 dppm(백만 개당 결함 부품 수) 비율 유지
- NANDXtend ECC 기술을 통한 종단간 데이터 보호로 작동 수명 연장
- 비트 손실을 미연에 방지하고 데이터 보유 기간을 늘리는 IntellScan 및 DataRefresh 기술

또한, Ferri계열 제품은 NAND 고장 분석 기능을 갖추고 있습니다. Silicon Motion은 수년간 누적된 NAND 플래시 메모리 지식을 활용하여 발생 가능한 문제점을 효율적으로 디버깅하고, 전문적인 고장 분석 보고서와 교정 실행 계획을 제공합니다.

조기 고장에 대한 스크린

다이의 약한 메모리 블록 - 조기 고장을 일으키는 블록은 특정된 작동 온도 범위의 극단에서 고장을 일으킬 가능성이 높습니다. Silicon Motion이 공급하는 Ferri 솔루션 제품의 온도 지원 범위는 -40°C ~ +85°C입니다. 따라서 Silicon Motion은 모든 NAND 플래시 다이에서의 모든 셀, 페이지 및 블록의 고온(85°C) 번인(burn in)을 수행함으로써 불량 블록이 포함된 모든 디바이스를 검출해 낼 수 있습니다. 이러한 부품들은 고객사에게 선적되지 않고 폐기 됩니다.

이러한 정책으로 Ferri계열 디바이스의 생산 효율은 낮아졌지만 자동차 관련 고객사들에게 선적되는 제품은 매우 낮은 dppm로 관리되며 이러한 무결성 제품을 생산하는 것이 Silicon Motion이 추구 하는 가치입니다.(그림 1 참고)

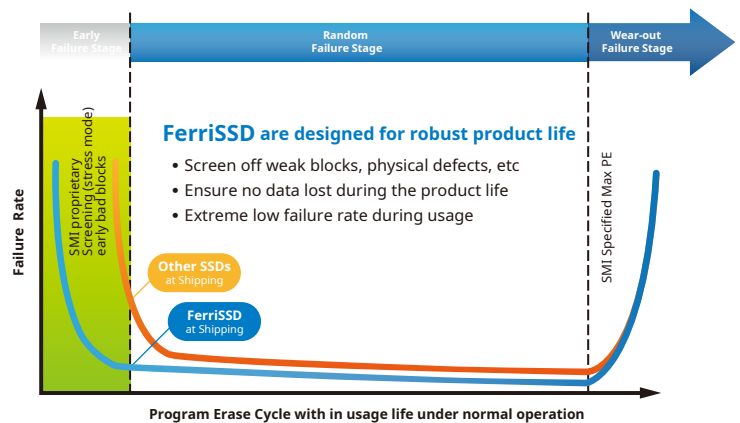


그림 1: Silicon Motion은 불량 블록에 대한 고온 스크린을 통해 조기 불량을 없앨 수 있습니다.

정상 작동에서 데이터 로스 방지

Silicon Motion이 소유한 스트레스 테스트 기술은 조기 고장을 검출해 냅니다. 그러나 양호한 NAND 플래시 디바이스라도 정상 작동에서 데이터 로스 및 데이터 손상의 가능성은 있습니다. 이러한 유형의 고장은 다음 세 가지 방식으로 발생할 수 있습니다.

- 갑작스러운 정전 사고가 발생할 경우
- 전송 중 데이터 로스
- 열 스트레스 하에서의 불완전한 데이터 보류

SPOR를 올바르게 처리

자동차 시스템은 다양한 원인으로 인해 갑작스러운 정전 사고를 당할 수 있고 차량의 시스템 소프트웨어는 항상 SSD 또는 eMMC에 적절한 정전 명령을 주는 것으로 설계되어 있지는 않습니다. SPOR(Sudden Power Off and Recovery) 절차가 구현되지 않을 경우, 그러한 사고는 데이터 로스 또는 스토리지 시스템 고장을 일으킬 수 있습니다. 이러한 리스크를 제거하기 위해 Ferri계열 제품은 SSD 또는 eMMC 컨트롤러에 SPOR 절차를 구현하는 Silicon Motion 소유의 펌웨어를 포함하고 있어서 100% 데이터 무결성을 보장합니다.

더 강하고 새로운 사전 오류 교정

ECC(오류 교정 코드)를 관리하는 능력은 NAND 플래시 컨트롤러의 일반적인 기능입니다. ECC의 목적은 데이터 스트림을 NAND 플래시 어레이에 쓰거나 읽을 때 발생하는 비트 오류를 교정하는 것입니다. NAND 플래시 기반 시스템에 ECC를 구현하는 다양한 방법이 있는데, 특정 방법이 다른 방법에 비해 더 높은 수준의 오류 교정을 달성합니다.

자동차 제조업체들은 극도로 높은 품질 표준을 위해 노력하며, 그들의 이상적인 목표는 고장률 제로를 달성하는 것입니다. 이에 부응하여 Silicon Motion은 자동차 메이커들에게 공급하는 Ferri 솔루션 제품에 더 강력한 오류 교정 기능을 적용했습니다.

첫째, 이 기능은 전체 경로에 걸쳐 종단간 오류 교정을 구현합니다.(그림 2 참고) 이는 NAND 플래시 어레이뿐 아니라 버퍼 메모리(SRAM 또는 DRAM 디바이스)에서도 읽기/쓰기 작업의 오류를 교정합니다. 데이터 전송의 유효성에 대한 추가적인 검증은 NAND 플래시 어레이에서, 그리고 Ferri계열 디바이스와 시스템 호스트 프로세서 간의 인터페이스 및 버퍼 메모리에서 CRC 체크섬 테스트를 통해 이루어집니다.

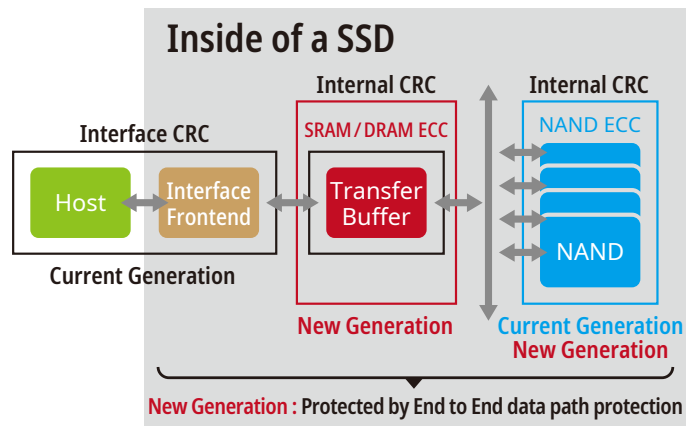


그림 2: 자동차 시스템용 Ferri 솔루션 제품에서 종단간 데이터 경로 보호를 이용할 수 있음

둘째, Silicon Motion은 NAND 플래시 블럭에 수많은 프로그램/지우기 사이클이 수행될 때 일반적으로 발생하는 상승된 비트 오류율을 허용하여 데이터 보호의 범위를 확장 시켜 놓았습니다. ECC에 대한 기존 BCH 또는 RS 기술은 낮은 비트 오류율에서 100% 데이터 교정할 수 있지만 NAND 플래시 어레이의 노화에 따라 비트 오류율이 높아집니다. 기존의 소비자 SSD 및 MMC는 BCH 또는 RS 알고리즘의 능력을 이루지 못한 교정되지 않은 오류를 남겨둡니다.

그러나 자동차 애플리케이션의 경우, Ferri계열 제품은 그림 3과 같이 추가적인 오류 교정을 구현합니다. 손상된 워드(1kB 블럭)를 복원하기 위해 LDPC(저밀도 패리티 체크) 알고리즘이 적용되었습니다. 또한 Silicon Motion은 손상된 데이터를 포함하고 있는 전체 16kB 페이지를 복구할 수 있는 Page RAID 알고리즘도 구현했습니다. 이들 기술은 함께 작용하여 NAND 플래시 어레이의 전체 정격 수명 주기 동안 비트 오류가 없는 읽기/쓰기 작업의 무결성을 보장합니다.

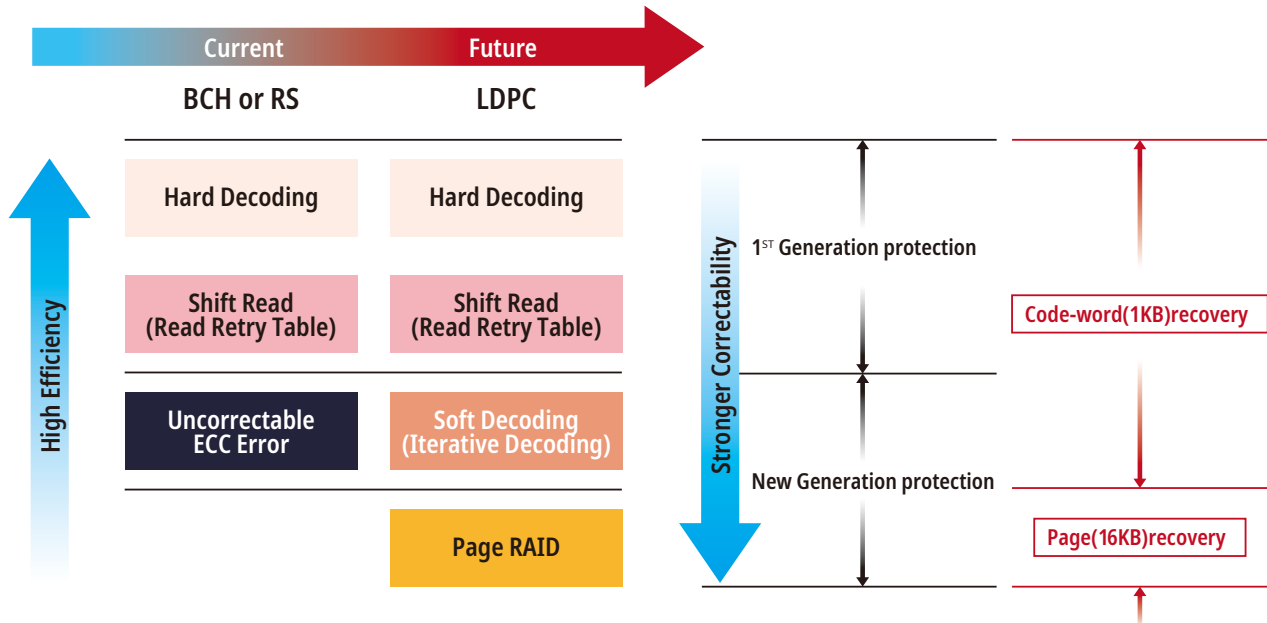


그림 3: 확장된 ECC 작동을 위한 LDPC 및 Page RAID 오류 교정 방안

열 스트레스의 영향 완화

데이터 보유는 자동차 제조업체에게 중요한 성능 매개변수입니다. 이는 데이터 비트를 셀에 쓴 후 얼마나 오래 유지되는지 그 기간을 측정합니다. 그림 4의 테이블처럼 이 기간은 온도에 의해 큰 영향을 받습니다. 이 테이블을 통해 MLC NAND의 데이터 보유가 SLC NAND에 비해 훨씬 짧다는 것을 알게 되었습니다.

온도	SLC @ 최대 PE	MLC @ 최대 PE
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

그림 4: NAND 플래시의 데이터 보유는 작동 온도, PE(프로그램/지우기) 사이클 수 및 NAND 타입에 의해 영향을 받음

Ferri계열 제품에 구현된 기술은 지능적으로 블럭과 셀을 스캔하고 데이터 로스 리스크가 있는 블럭과 셀을 갱신함으로써 데이터 보유 실패가 발생하지 않도록 보호합니다. 이러한 IntelligentScan & DataRefresh 기능은 ECC 작동에서 파생된 블럭당 비트 오류율에 관한 데이터에 작용합니다. 비트 오류율에 대한 사용자 선택 가능한 임계 값에서 DataRefresh가 수행됩니다.(그림 5 참고) 그림 4에 나온 것처럼 고온의 동작 환경에서 데이터

보유 기간이 극도로 짧아집니다. Silicon Motion의 IntelligentScan & DataRefresh 기술은 고온의 동작 환경에서 알아서 스캔 빈도를 증가 시킵니다.

또한 IntelligentScan & DataRefresh 기술은 읽기 방해로 일으킨 데이터 로스를 방지할 수 있습니다.

85°C 데이터 유지 시뮬레이션

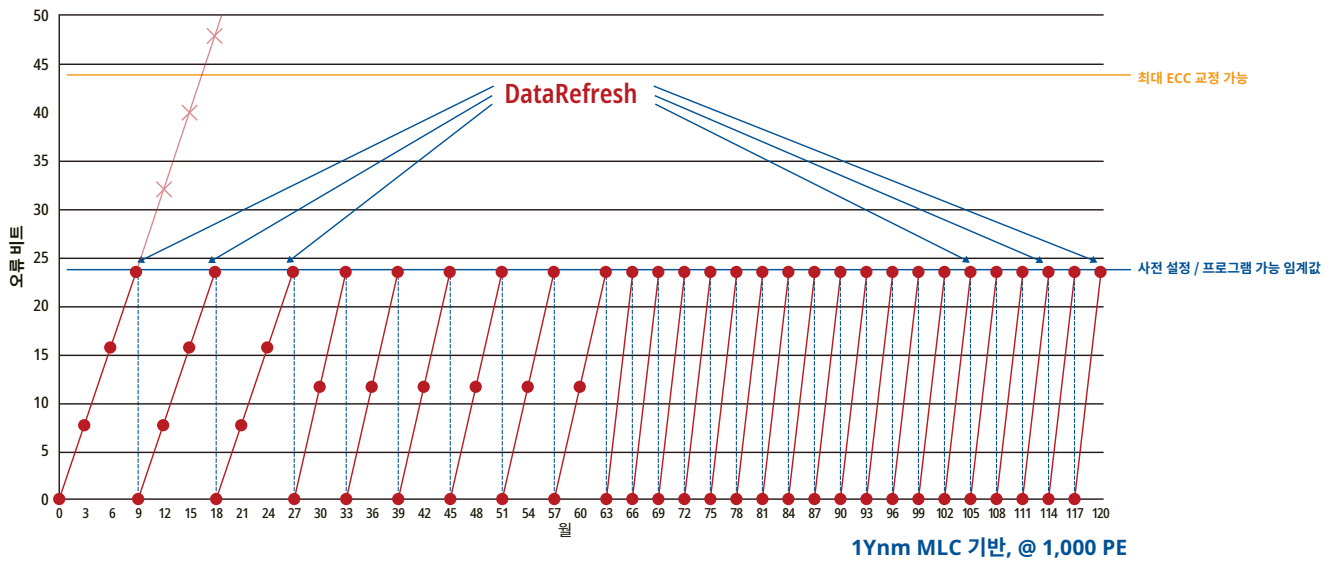


그림 5: DataRefresh가 블럭당 비트 오류율을 영으로 돌려놓음

대량 데이터 스토리지를 위한 임베디드 보드 레벨 솔루션

이 문서에서 보여 준 것처럼, SSD, eMMC 또는 UFS의 신뢰성과 데이터 무결성은 burn-in, 향상된 error correction 기능의 적용을 통해 크게 높일 수 있습니다. Silicon Motion은 AEC-Q100 Grade 3/2 인증된 Ferri 계열 제품에서 다음과 같은 특징을 통해 자동차 업계의 높은 수준의 사항을 만족시킵니다.

- 모든 셀, 페이지 및 블럭의 100% 스크린과 선적 전 종합 품질 관리로 매우 낮은 dppm 비율 유지
- NANDXtend ECC 기술을 통한 종단간 데이터 보호로 작동 수명 연장
- 향상된 데이터 보유를 위한 IntelligentScan & DataRefresh

현재 구입 가능한 Ferri계열 제품은 다음과 같습니다

- FerriSSD, 20mm x 16mm BGA 패키지, 최대 용량은 480GB
- Ferri-eMMC, JEDEC 산업 표준을 준수하는 다양한 콤팩트 BGA 패키지로 구입 가능, 최대 용량은 256GB
- Ferri-UFS, 11.5mm x 13mm BGA 패키지, 최대 용량은 256GB

Ferri계열 스토리지 솔루션은 특히 자동차 시장의 수요에 잘 적용되어, 솔리드 스테이트 메모리가 차량에 있는 다른 전자 시스템의 품질 및 안정성을 맞추도록 보장해 주는 장기적인 안정적 작동, 데이터 무결성 및 데이터 보유를 제공합니다.

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