

# Silicon Motion's Ferri-UFS

## 자동차 애플리케이션을 위한 플래시 기반 스토리지의 새 기준

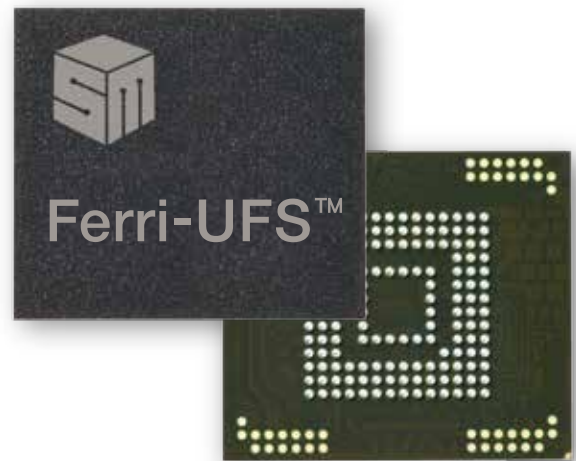
자동차가 변화하고 있습니다. 주로 이동을 목적으로 하는 장치에서 이동식 엔터테인먼트 및 생산성을 위한 공간으로 변모하고 있습니다. 완전 자율 주행 기술의 도입으로 자동차는 로봇의 한 가지 유형이 될 것으로 예상됩니다.

이러한 변화는 차량에 탑재되는 인포테인먼트, 안전, 시스템 제어, 사용자 인터페이스 및 차량간 통신 및 외부 환경과의 통신을 위한 온 보드 컴퓨팅 시스템에 대한 구매 가치를 증진시킬 것입니다. 이러한 컴퓨팅 시스템의 대부분은 방대한 양의 데이터에 대한 손쉬운 접근을 가능하게 하는 기술에 점점 더 의존하게 될 것입니다.

용량과 속도 모두에 대한 수요가 증가함에 따라, 차량 데이터 저장 기술 또한 PATA 또는 SATA 인터페이스를 사용하는 기존 데스크탑 컴퓨터 형식의 하드 디스크 드라이브(HDD)에서 솔리드 스테이트(반도체) 스토리지 기술(SD 카드에서 eMMC 스토리지의 순서)로 전환되어 왔습니다.

자동차 부문의 경우, 이제 eMMC(현재 사양 5.1)는 UFS(범용 플래시 메모리)로의 또 다른 전환이 진행 중에 있습니다. 이러한 전환으로 자동차 OEM 부문은 3배에서 4 배 더 빠른 읽기/쓰기 속도와 최대 2.5배 더 향상된 IOPS 성능(초당 입/출력 성능)을 확보할 수 있을 것으로 예상됩니다.

본서에서는 미래의 자동차 설계에 있어, UFS 인터페이스가 eMMC보다 더 적합한 규격인 이유를 설명하고, 자동차 부문에서의 응용을 위해 내장형 UFS 스토리지 장치를 평가하는데 있어서 고려해야 할 중요한 성능 매개 변수, 제품 규격 및 공급 업체 관련 고려 사항을 제시합니다.



### UFS 기술로의 전환을 견인하는 주요 요인

자동차 시장은 2010년경부터 eMMC 저장 장치의 주요 고객이었습니니다. eMMC 인터페이스를 기반으로 하는 메모리 장치는 21세기 초에 휴대폰에 처음 채택되었고, 자동차 제조 부문이 그 뒤를 따랐습니니다. 그 이유는, 자동차의 혹독한 작동 환경에서 사용될 경우, 손상되기 쉬운 구동 부품이 포함된 PATA 또는 SATA 하드 디스크와 비교할 때, eMMC 장치가 더 긴 작동 수명과 높은 신뢰성을 제공할 수 있었기 때문입니니다.

## 자동차 IVI 시스템의 개발 추이



### ● 레거시 인포테인먼트

라디오/미디어 재생  
클러스터/네비게이션  
이종 CPU 및 시스템

### ● 디지털 콕핏(cockpit)

통합된 클러스터, 네비게이션 및 미디어 플레이어  
통합 CPU/시스템 관리  
높은 처리 성능

### ● 중앙 CPU

ADAS / 자율 주행 / e-미러 / D-클러스터 / IVI  
높은 대역폭의 SoC 에지 컴퓨팅, 연결형 스토리지  
고 해상도 다중 디스플레이 및 이미지 기록

~ 2016

2018

2020

2024 ~

그림 1. 자동차 IVI 시스템의 아키텍처는 변혁을 맞이하고 있음(출처: SiliconMotion)

그러나 자동차 설계자들은 더 많은 자율 주행 기능, 더 크고 정교한 그래픽 사용자 인터페이스 및 까다로운 미디어 애플리케이션(고해상도 비디오 재생 등)을 지원할 수 있는 새로운 차량용 인포테인먼트(IVI) 시스템을 개발하고 있으며, 그 과정에서 eMMC 인터페이스의 성능 한계를 경험하고 있습니다.

차세대 IVI 시스템을 설계하는 자동차 설계자들은 아키텍처의 변경을 고려하고 있습니다. 이전의 단순한 IVI 시스템에서는 계기판, CID(중앙 정보 표시 장치) 및 미디어 시스템, 네비게이션 시스템과 같은 각 요소가 개별 프로세서로 제어되는 다중 프로세서 아키텍처를 사용했습니다(그림 1 참조).

새로운 차량 설계를 위해, 자동차 제조업체는 계기판, 미디어 시스템, 네비게이션 및 연결성을 포함한 모든 디스플레이 기능이 단일의 고성능 프로세서에 의해 제어되는, 고도로 통합된 아키텍처를 기반으로 한 '디지털 콕핏(digital cockpit)'을 개발하고 있습니다. 이 새로운 아키텍처에서, 데이터는 종래의 분산형 다중 프로세서 아키텍처와 비교할 때, 훨씬 더 빠른 속도로 단일 프로세서에서 처리되어야 합니다.

또한, eMMC 인터페이스가 제공하는 성능은 이 단일 프로세서 아키텍처의 요구 사항에 적합하지 않습니다. 따라서 자동차 제조업체는 eMMC를 넘어서는 차세대 데이터 스토리지 인터페이스를 찾고 있습니다. 그림 2에서 볼 수 있듯이, 표준 듀얼 채널 UFS 인터페이스는 5세대 eMMC보다 훨씬 더 높은 수준의 최대 처리량을 제공합니다.

## 인터페이스 처리량 비교

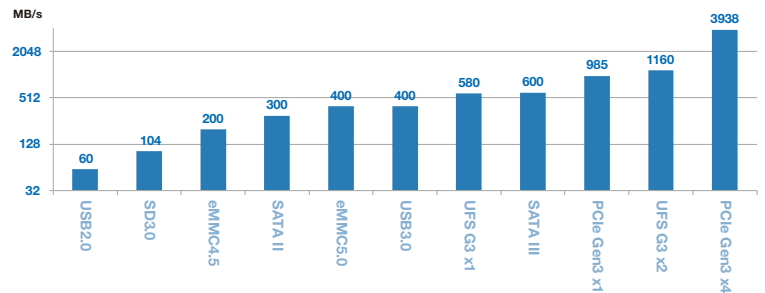


그림 2. 듀얼 채널 UFS 인터페이스는 레거시 eMMC5.x 사양보다 현격히 높은 처리량을 제공한다(출처: SiliconMotion)

이러한 이론상의 높은 처리량이 상용 스토리지 제품의 성능으로 반영될 것입니다. eMMC 기반 및 UFS 스토리지 제품의 성능을 비교하면 그림 3과 같습니다.

	Ferri-eMMC (eMMC v5.1)	Ferri-UFS (UFS v2.1)
최대 인터페이스 속도	3.2Gbps	11.6Gbps
작동 모드	Half-duplex	Full duplex
멀티 태스킹 지원	쓰기 또는 읽기	동시 쓰기 및 읽기
최대 순차 읽기 속도	300MB/s	800MB/s
최대 순차 쓰기 속도	80MB/s	250MB/s
최대 랜덤 IOPS	20,000/10,000	50,000/20,000

그림 3. SiliconMotion의 Ferri-UFS는 Ferri-eMMC 제품과 비교할 때, 3배 이상 더 빠른 데이터 처리 속도를 제공한다.

아래에 설명된 바와 같이, 제품 속성과 공급망에 있어서의 중요한 차이로 인해 UFS 스토리지 제품은 자동차용과 소비자 장치용 간에 차이가 존재하지만, 자동차 시장은 이제 입증된 UFS 인터페이스 기술과 고성능 UFS NAND 스토리지 제품의 풍부한 공급을 통해 편익을 누릴 수 있습니다.

#### 간편한 eMMC 스토리지 교체를 지원하는 Ferri-UFS™ 제품

eMMC v5.0 또는 v5.1과 비교할 때, UFS 인터페이스 사양에서 지원하는 더 높은 데이터 처리량은 그림 2에서 확인할 수 있듯, 제품 차원에서 3 배 이상의 성능을 제공한다는 의미가 됩니다. UFS 기반 스토리지는 동시 읽기 및 쓰기 작업을 지원하여, 멀티 태스킹 지원이 향상되며, 사용자들은 지연 없이 애플리케이션을 전환할 수 있습니다. 매우 높은 순차 읽기 속도는 HD 비디오 스트리밍과 같은 애플리케이션에 있어서 쾌적한 사용자 경험을 제공합니다. 최대 랜덤 IOPS는 50,000으로, 컴퓨팅 자원이 집중되는 애플리케이션에서도 사용자는 즉각적인 반응을 즐길 수 있습니다. 결과적으로 많은 자동차 제조업체는 현재 eMMC 기반 스토리지 장치에서 UFS 스토리지로 그 설계 플랫폼을 전환하는 방안을 고려하고 있습니다.

예컨대, Silicon Motion의 Ferri-eMMC™ 시리즈를 채택한 자동차 부문의 고객들은 Ferri-UFS™ 시리즈로 전환하여, 단순하고 빠른 설계 통합 프로세스의 이점을 누릴 수 있습니다.

Ferri-UFS 제품(부품 번호 SM671)은 최신 UFS2.1 규격을 준수하는 풍부한 기능의 컨트롤러와 표준 NAND 플래시 메모리를 통합한 고집적 솔루션입니다. HS-Gear3 x 2 라인 모드 및 명령 대기열(command queue) 기능과 같은 UFS v2.1 규격의 고급 기능을 지원하며, OEM이 요구하는 특정 기능과 애플리케이션을 구현할 수 있도록 펌웨어를 통한 커스텀마이징을 지원합니다.

11.5mm x 13mm x 1.2mm 153 볼 BGA 패키지로 구성된 SM671은 16GB에서 최대 256GB에 이르는 메모리 옵션으로 사용할 수 있습니다. 최대 85°C에서 작동하며, AEC-Q100 Grade 3에 대한 자동차급 인증을 받았습니다(2019년 2분기 현재, 2등급 인증 진행 중). 이 솔루션의 성능은 놀랍습니다. 데이터 전송 속도와 초기화 시간 모두 차세대 자동차용 IVI 설계에 부합할 만큼 충분히 높습니다.

#### 자동차 시장의 고려 사항

위에서 설명한대로, Ferri-UFS 시리즈와 같은 UFS 스토리지 제품은 최신 표준 3D TLC NAND 플래시를 사용하여 매력적인 가격에 높은 메모리 밀도를 제공합니다.

그러나 자동차 시장의 경우, 성능과 가격은 높은 품질 및 신뢰성과 균형을 이루어야 합니다. Silicon Motion은 다음 각 요소의 조합을 토대로 이러한 요구사항을 충족하고 있습니다.

- 엄격한 품질 프로세스 및 기준을 적용
- 안정성 및 데이터 무결성을 위한 자체 개발 기술을 적용

## 엄격한 품질 기준

품질 프로세스는 고객에게 배송되는 생산 단위의 전체 결함률(<10ppm)을 기준으로 측정됩니다. 이는 Silicon Motion이 2014년 자동차 시장에 대한 공급을 시작한 이래로 매년 모든 고객을 대상으로 산출한 결함률입니다.

Ferri-UFS 제품에 사용되는 컨트롤러 및 NAND 다이의 사양에도 엄격한 기준이 적용됩니다. 다이 선택은, 모든 결함과 품질 문제를 잘 파악하고 있으며, 따라서 쉽게 검출할 수 있는 (첨단 보다는) 성숙한 생산 공정에서 제작한 고수율의 웨이퍼에서만 이루어집니다. 이는, Ferri-UFS 제품의 생산 프로세스는 검증된 다이에서 시작한다는 의미가 됩니다.

또한 컨트롤러를 제조하는 파운드리에서 웨이퍼를 분류하는 공장, 테스트 및 검증 시설, 그리고 Silicon Motion 본사에 이르는 Ferri-UFS의 공급망 전체에 대하여 IATF 16949의 인증을 획득하였습니다. 자동차용 추적 요구 사항 또한 완벽히 지원합니다. 예컨대, Ferri-UFS 장치의 컨트롤러 다이에는 일회성의, 프로그래밍 가능한 메모리에 저장된 고유 칩 ID가 제공되어, 본래의 웨이퍼 로트 및 웨이퍼 맵으로의 추적이 가능합니다.

자동차급 품질에 대한 Silicon Motion의 신념은 완전 자동화 라인에서 이루어지는 최종 조립 단계에 이르는 모든 과정에 반영되고 있습니다. 테스트 챔버는 고객이 지정한 작동 온도에서 모든 생산 장치의 모든 블록을 스크리닝하여 결함을 파악하기 위해 사용됩니다(그림 4 참조). 이 스크리닝 과정을 통해 Silicon Motion은 초기 불량 블록의 위험성이 확인된 모든 셀을 식별할 수 있으며, 고객 배송 전에 NAND 컨트롤러를 통해 격리할 수 있습니다.

모든 생산 장치는 또한 확장된 온도 테스트와 고/저 전압 테스트를 거칩니다.

Silicon Motion은 이러한 프로세스와 기준을 자동차 부문용 Ferri-UFS 제품에도 균일하게 적용하고 있으며, 이를 통해 10ppm 미만의 생산 출하 목표 결함률을 지속적으로 달성해 왔습니다.

CP -40~85 °C	FT 25 °C	MT1 25 °C	MT2 85 °C -40 °C	MT3 25 °C	EQC 25 °C
ATE		SLT	Chamber	SLT	SLT
Controller CP Test	Open/Short Leakage current measurement	Function check + Upload Burn-in FW.	Self-Burn-in Screen Early Bad Blocks Create new bad blocks information	Function check + MP FW Upload	MP final check FW version /capacity /serial number, etc

그림 4. 자동차용 고객 제품 출하시에는 포괄적인 고온 및 저온 테스트 루틴을 거치게 된다(출처: SiliconMotion).

## 높은 수준의 데이터 무결성 및 신뢰성

자동차 환경에서의 안정성과 긴 작동 수명은 시스템 설계자의 핵심 고려 사항입니다. UFS 저장 장치 사용자의 경우 내구성 및 데이터 무결성이라는 두 가지 매개 변수를 면밀히 평가해야 합니다.

이는 고밀도 3D NAND 플래시의 고유한 특성 때문입니다. 19nm 이하의 회로를 특징으로 하는 고급 공정에서 제작된

Ferri-UFS 제품의 3D TLC NAND 플래시 셀은 모든 프로그램/삭제 주기에서 수명이 줄어드는 경향이 있으며, 이는 데이터 손실을 유발할 수 있습니다. 또한 오류 수정 기능이 구현되지 않을 경우, 읽기 및 쓰기 오류가 발생하기 쉽습니다.

Silicon Motion은 NAND 컨트롤러에 정교한 전역적 마모 레벨링(global wear levelling) 기술을 구현하여 내구성 문제를 해결합니다. 이와 더불어 데이터 보유율을 확대하는 다음과 같은 고급 기술을 제공합니다.

- **정적 데이터 리프레쉬(Static Data Refresh):** 온도에 따라 변하는 속도로 셀을 자동 스캔합니다(데이터 손실은 극한 작동 온도에서 빈발하기 때문). 이 기능은 데이터 손실 위험이 있는 셀에 데이터를 다시 써서 손실을 방지합니다.
- **조기 폐기(Early Retirement):** 블록을 분석하고 조기 데이터 손실 위험이 높은 블록을 식별한 후, 메모리 어레이로부터 폐기합니다.

이와 같은 제품 수명 관련 작업은, IVI 스토리지 애플리케이션에 대해 자동차 산업에서 일반적으로 설정한 벤치 마크를 넘어, '3,000 프로그램/삭제 주기' 급의 내구성을 확보하기 위하여 실시합니다.

**데이터 무결성**을 보장하기 위해, 소비자 NAND 장치에서 일반적으로 사용되는 것보다 우수한 오류 수정 기술을 적용하고 있습니다. Silicon Motion의 고급 LDPC ECC (오류 수정 코드) 엔진은 읽기 및 쓰기 작업에서 발생하는 소프트 오류를 제거합니다.

Silicon Motion은 또한 영구, 임시 및 전원 인가 보호 옵션을 제공하는 '향상된 쓰기 보호' 기능을 제공합니다. 자동차 환경에서 비교적 흔하게 발생하는, 예기치 않은 정전 발생 시, 데이터를 보호하는 특수 절차를 통해 Ferri-UFS 장치의 전원이 꺼지기 전에 모든 데이터를 안전하게 저장합니다.

이러한 기능은 Ferri-UFS SRAM 메모리에 적용된 8 + 1 오류 감지 코드에 의해서도 지원되고 있습니다.

마지막으로 Silicon Motion에서 제공하는 토털 솔루션의 신뢰성은, 자동차 OEM의 엄격한 적시 생산(just-in-time) 요구 사항을 충족하기 위해 자체적으로 개발한 제품 제조 및 배송 차원의 다양한 조치에 의해 또한 뒷받침되고 있습니다.

이러한 조치로는 전체 생산 공정의 완전한 이중화가 대표적입니다. NAND 플래시 및 컨트롤러 웨이퍼 공급업체부터, 칩 어셈블리, 스크리닝 및 모듈 어셈블리 운영 주체에 이르기까지, 전체 생산 공정을 구성하는 모든 단위에 대하여 예비 공급업체를 확보 및 유지하고 있습니다.

### **결론: 자동차 산업의 요구 사항에 대한 Ferri-UFS 시리즈 제품의 적합성**

IVI 시스템과 같은 자동차 부문의 데이터 집약적 애플리케이션은 eMMC 기반 스토리지 장치에 의존하는 현재의 체제에서, 고밀도 3D TLC NAND 플래시 기술을 사용하는 새로운 UFS 제품으로의 전환을 진행 중에 있습니다.

Silicon Motion은, 디지털 콕핏에 사용될 새로운 단일 프로세서 아키텍처에서의 효과적인 운영을 위해 요구되는 최고 수준의 품질과 신뢰성, 그리고 높은 성능을 충족하고자 Ferri-UFS(SM671) 시리즈 제품을 출시했습니다.

LDPC ECC 엔진과 같은 우수한 데이터 무결성 기능과 SSD/eMMC/UFS 컨트롤러 솔루션 공급 부문에서 세계적인 리더십을 자랑하는 Silicon Motion의 NAND Flash 노하우, 그리고 강력하고 안정적인 공급망까지 제공하는 Ferri-UFS 제품 라인은, 미래 자동차 부문의 IVI 시스템 및 기타 컴퓨팅 집약적인 애플리케이션을 위한 고성능 UFS 데이터 스토리지 기술을 구현할 수 있는 가장 안정적인 솔루션을 제공합니다.