

# Ferri 임베디드 스토리지 솔루션으로 휴머노이드 로봇의 역량 강화

## Ferri 임베디드 스토리지

### 인더스트리 5.0 시대의 휴머노이드 로봇틱스

휴머노이드 로봇은 단순 자동화를 넘어서는 환경에서 중요한 가치를 제공합니다. 자율성과 적응성을 갖춘 휴머노이드 로봇은 안전이 보장될 경우 인간과 자연스럽게 물리적 상호작용을 할 수 있는 잠재력을 지니고 있습니다. 산업 4.0에서 산업 5.0으로의 전환은 로봇이 비정형적이고 동적인 작업 공간에서 협업 에이전트로 활동해야 하는 새로운 도전을 제시하며, 이에 따라 공장은 이미 이들을 받아들일 준비가 되어 있습니다.



산업 4.0이 고정 기능 시스템과 클라우드 인프라에 중점을 두었다면, 산업 5.0은 엣지 프로세싱, 실시간 대응성, 에너지 효율성에 무게를 둡니다. 휴머노이드 로봇은 까다로운 열 및 전력 제약 속에서 복잡한 AI 추론 실행, 다중 센서 입력 통합, 안전한 상호작용을 수행해야 합니다.

이러한 요구사항은 단순히 연산 중심에 국한되지 않습니다. 이는 저지연 액세스, 지능형 오류 로깅, 전력 인지형 운영을 지원하면서 최소한의 보드 공간만 차지하는 임베디드 스토리지에 상당한 요구를 가합니다.

## 로봇 아키텍처에는 동기화된 서브시스템이 필요함

휴머노이드 로봇은 지속적인 동기화가 필요한 여러 고성능 도메인이 통합된 플랫폼으로 작동합니다. 인식 시스템은 고해상도 카메라 배열, LIDAR, 관성 센서에 의존하여 정확하고 반응성 있는 환경 인식을 구축합니다. 음성 인식과 자연어 처리 모듈은 음성 기반 상호작용과 맥락 인식을 가능하게 하며, 모션 제어 시스템은 이족 보행, 조작, 정밀 동작을 조율합니다. 핵심 AI 추론 엔진은 엣지 환경에서 행동 생성, 경로 계획, 의사 결정을 수행하며, 종종 엄격한 시간 제약 속에서 작동합니다.



이를 지원하는 기능으로는 시스템 이벤트, 이상 현상, 운영 지표를 기록하는 온보드 데이터 로깅 및 진단 시스템이 있습니다. 이 모든 서브시스템은 밀리초 이하의 정밀도로 통신하고 실행해야 합니다. 시각 데이터는 지연 없이 추론 파이프라인으로 입력되어야 하며, 액추에이터 명령은 실시간 센서 입력을 반영해야 하고, 시스템 상태 분석은 미션 작업과 동시에 처리되어야 합니다. 이 모든 요구를 충족하려면 일관된 지연 시간, 전력 효율, 지능형 서브시스템 조율을 결합한 임베디드 스토리지 솔루션이 필요합니다. Silicon Motion의 Ferri 임베디드 스토리지 포트폴리오는 소형 고신뢰성 애플리케이션에서 이러한 조건을 충족하도록 특별히 설계되었습니다.

## 시스템 수준을 가능하게 하는 스토리지

휴머노이드 로봇틱스에서 임베디드 스토리지는 단순히 부팅 프로세스나 정적 애플리케이션 데이터를 처리하는 데 국한되지 않습니다. 이는 핵심 시스템 기능 실행에서 적극적인 역할을 합니다. 실시간 이미지와 센서 스트림은 지속적으로 캡처되어야 하며 최소한의 지연으로 처리되어 매끄러운 작동을 보장해야 합니다. AI 추론 엔진은 빠른 모델 로딩과 로컬에 저장된 데이터셋 접근에 의존합니다. 서브시스템 활동은 실행 중 조율과 배포 후 분석을 위해 지속적인 로그 기록이 필요합니다. 펌웨어와 모델 업데이트는 OTA(Over-the-Air) 방식으로, 종종 사용 중에도 이루어지며, 끊임 없는 읽기·쓰기 성능이 요구됩니다. 동시에 진단 데이터는 특정 트리거에 따라 기록되고 접근 가능해야 하며, 예측 유지보수 및 시스템 수준의 오류 복구를 지원해야 합니다.

이러한 운영 요구를 충족하려면 단순한 처리량 그 이상이 필요합니다. 임베디드 스토리지는 일관된 성능, 전력 효율적인 운영, 다른 실시간 컴포넌트와의 동기화 능력을 제공해야 하며, 이는 소형 로봇 설계의 물리적·열적 제약 내에서 이루어져야 합니다.

## Silicon Motion의 Ferri 임베디드 스토리지

Silicon Motion의 Ferri 제품군은 컨트롤러, NAND 플래시, 펌웨어를 하나의 소형 BGA 패키지로 통합한 완전한 임베디드 스토리지 솔루션을 제공합니다. 제품 라인업에는 FerriSSD®, Ferri-UFS®, Ferri-eMMC®가 포함되며, 각각 특정 성능 및 통합 요구사항에 맞게 설계되었습니다.



### FerriSSD: AI 및 로깅 애플리케이션을 위한 PCIe® Gen4 성능

FerriSSD는 PCIe® Gen4를 지원하며, 연산 집약적 작업과 대량의 지속적인 로깅을 처리하는 서버시스템을 위해 특별히 설계되었습니다. LLM 및 트랜스포머 기반 아키텍처와 같은 대규모 AI 모델을 로컬에서 호스팅해 자율적 운영을 지원해야 하는 시나리오에서 탁월한 성능을 발휘합니다. 또한 컴플라이언스와 시스템 수준 진단을 위한 이벤트 기반 데이터 캡처 요구를 충족하며, 모든 추론 결과, 제어 결정, 이상 징후를 성능 저하 없이 지속적으로 기록할 수 있습니다. 경로 계획, 안전 제어, 작업 우선순위 지정과 같이 의사결정이 중앙 집중화된 애플리케이션에서 FerriSSD는 결정적 동작을 유지하기 위해 필요한 지속적인 대역폭과 저지연 응답성을 제공합니다. 온보드 온도 감지 및 지능형 워크로드 조절 기능을 통해 펌웨어는 장기간의 연산 집약적 작업에서도 안정적인 성능과 열 일관성을 보장하도록 최적화되어 있습니다.

### Ferri-UFS: 고처리량 센서 및 AI 서버시스템을 위한 설계

Ferri-UFS는 지속적인 저지연 데이터 전송이 필요한 워크로드를 지원합니다. UFS 3.1을 지원하며, 다음과 같은 성능을 제공합니다:

- 초당 최대 1600 MB 읽기 속도
- 초당 최대 800 MB 쓰기 속도
- 명령 대기열 및 병렬 액세스 지원

이러한 기능은 실시간 객체 인식, 멀티 카메라 입력, 동시 위치 인식 및 매핑(SLAM) 등을 포함한 AI 기반 인지 스택에 적합합니다. 낮은 접근 지연과 높은 동시성으로 추론 엔진이 환경에 지체 없이 대응할 수 있습니다.

### Ferri-eMMC: 제어 및 인터페이스 모듈을 위한 전력 효율적 정밀성

Ferri-eMMC는 eMMC 5.1 규격을 준수하며, 최대 처리량은 필요하지 않지만 일관된 응답 시간과 장기적 내구성이 요구되는 서버시스템에 적합합니다. 정확한 타이밍과 저지연 명령 실행이 중요한 모션 제어 프로세서에 이상적인 선택입니다. 음성 명령 인터페이스 역시 마찬가지로, 웨이크워드 감지와 음성 입력을 위해 항상 안정적으로 동작하는 프로세싱을 지원해야 합니다. 터치스크린과 피드백 디스플레이 같은 휴먼-머신 인터페이스 모듈에서 Ferri-eMMC는 불필요한 비용이나 복잡성을 추가하지 않고도 빠른 반응성을 제공합니다. 작고 전력 효율적인 설계에도 불구하고, Ferri-eMMC는 상위 Ferri 제품군과 동일한 지능형 펌웨어를 탑재하여 통합 진단, 시스템 상태 모니터링, 로봇 아키텍처 전반의 예측 가능한 통합을 지원합니다.

## 예측 가능한 운영을 위한 임베디드 인텔리전스

Ferri 제품은 단순한 플래시 스토리지를 넘어섭니다. 시스템 안정성, 오류 복구, 예측 진단을 지원하도록 설계된 펌웨어 수준의 지능형 기능을 포함합니다. 두 가지 핵심 기능은 IntelligentLog™와 IntelligentThermal™입니다.

### IntelligentLog™: 고주파수 로깅 및 예측 진단



기존 소프트웨어 기반 로깅 시스템은 지연을 유발할 수 있으며, 오류 발생 시 데이터 손실에 취약합니다. IntelligentLog™는 다음 기능을 제공하여 이러한 한계를 극복합니다:

- 구조화된 고주파수 로깅 파티션
- 모든 서브시스템 이벤트의 타임스탬프 인덱싱
- 호스트 알림이 포함된 실시간 내구성 모니터링
- 성능 저하 시 주요 로그 자동 재배치

이를 통해 엔지니어는 포괄적인 운영 기록을 유지하고, OTA 모델 최적화를 지원하며, 최소한의 호스트 오버헤드로 빠르게 오류를 격리할 수 있습니다.

### IntelligentThermal™: 이중 모드 열 제어



휴머노이드 로봇의 열 예산은 AI 연산, 액추에이터, 센서 모듈에 분산되어 있습니다. 열에 동적으로 대응하지 못하는 스토리지는 시스템 불안정을 초래할 수 있습니다. IntelligentThermal™은 두 가지 독립적인 제어 모드를 제공합니다:

- 호스트 제어 열 관리(HCTM)는 시스템 프로세서가 실시간 열 데이터를 기반으로 워크로드를 조정할 수 있도록 합니다
- 드라이브 제어 열 관리(DCTM)는 호스트 개입이 불가능할 때 Ferri 스토리지가 자율적으로 워크로드를 제한하거나 재분배할 수 있도록 합니다

이중 모드 제어를 통해 제한된 공기 흐름 환경에서도 장시간 AI 처리나 고빈도 모터 작동 중에 스토리지 성능이 일관되게 유지됩니다.

## 서브시스템 매핑 및 통합 전략

정의된 기능 세트를 기반으로, 이러한 다양한 스토리지는 모터 제어, 음성 인식, 머신 비전, 활동 감지, 대규모 언어 모델 처리 등 로봇의 여러 기능에 구체적인 장점을 제공합니다. 스토리지는 아래 표에 설명된 바와 같이 휴머노이드 로봇 내 역할에 매핑될 수 있습니다.

서브시스템	Ferri 제품	제공 기능
비전 및 인지 스택	Ferri-UFS	실시간 비디오 버퍼링 및 AI 추론 파이프라인 지원
모션 제어 유닛	Ferri-eMMC	일관된 모터 제어 및 타이밍 중심 피드백 처리
AI 의사결정 프로세서	FerriSSD 또는 Ferri-UFS	LLM 및 상황 인식 처리 모델 호스팅
음성/NLP 인터페이스	Ferri-eMMC	음성 인식 및 자연어 명령 실행
시스템 로깅 및 분석	IntelligentLog™를 지원하는 FerriSSD	지속적인 오류 진단 및 자율 이벤트 캡처

이 모듈형 매핑을 통해 설계 엔지니어는 공통 펌웨어 기반과 열 관리 전략을 유지하면서 각 서브시스템 요구사항에 맞는 스토리지를 선택할 수 있습니다.

## 산업용 로봇틱스 및 AIoT 배치를 위해 설계됨

Ferri 제품은 장기적인 신뢰성이 중요한 까다로운 엣지 환경에서의 배치를 위해 설계되었습니다. 각 제품은 -40도에서 105도까지의 넓은 동작 온도 범위를 지원하여 산업 환경과 실외 환경 모두에서 안정적인 성능을 보장합니다. 내장형 전원 차단 보호와 높은 쓰기 내구성 덕분에 Ferri 솔루션은 자율 시스템의 지속적인 로깅 및 모델 업데이트 요구를 견뎌냅니다. LDPC 기반 ECC를 포함한 고급 오류 수정 기능은 쓰기 부하가 많은 작업에서도 데이터 무결성을 유지합니다. 소형 BGA 패키징은 기계적 통합을 단순화하고 다양한 임베디드 플랫폼에서 빠른 인증을 지원합니다. Ferri 스토리지는 이미 산업 자동화, 자동차 엣지 컴퓨팅, AIoT 시스템에 사용되고 있으며, 장기간 운영에서의 일관된 현장 성능이 필수적인 곳에서 활용되고 있습니다.

## 결론

휴머노이드 로봇 제어는 크기, 전력 소비, 열 성능에 대한 엄격한 제약 속에서 여러 서브시스템 간의 복잡한 실시간 조율을 필요로 합니다. 이러한 목표를 달성하려면 동기화, 실시간 AI 실행, 다양한 비정형 및 지속적으로 변화하는 조건에서의 안전한 성능이 요구됩니다. 시스템 스토리지에 요구되는 것은 단순한 용량 제공을 넘어섭니다. 스토리지 장치는 신뢰성, 수명 주기 관리, 넓은 동작 온도 범위에서의 안정성을 지원하는 시스템 인지형 구성 요소로 작동해야 합니다.

Silicon Motion의 Ferri 임베디드 스토리지 솔루션은 로봇틱스 엔지니어를 위한 소형, 지능형, 고성능 플랫폼을 제공합니다. 비전 시스템, AI 코어, 제어 루프, 데이터 로거 등 어디에 배치되든 Ferri는 최소한의 통합 부담으로 일관되고 효율적인 운영을 가능하게 합니다.

휴머노이드 로봇 개발을 가속화하고 임베디드 스토리지 선택을 간소화하려는 설계팀에게 Ferri는 검증된 배치 경로를 제공합니다.

자세한 내용은 [www.siliconmotion.com](http://www.siliconmotion.com)에서 확인하세요.

Ferri 계열에 자세한 내용은 [www.siliconmotion.com](http://www.siliconmotion.com)을 방문하거나 [ferri@siliconmotion.com](mailto:ferri@siliconmotion.com)으로 이메일을 보내십시오