

Ferri組込みストレージソリューションによるヒューマノイドロボットの能力強化

Ferri組込みストレージ

産業5.0におけるヒューマノイドロボット技術

ヒューマノイドロボットは、単なる自動化以上のものを求める環境において重要な利点を提供できます。自律性と適応性を備え、安全性が確保されれば、人間と自然な形で相互作用する可能性を秘めています。現在、工場はそれらを受け入れる準備が整っております。というのも、インダストリー4.0からインダストリー5.0への移行に伴い、構造化されていない動的な作業空間において、ロボットが協調的なエージェントとして動作することが求められる新たな課題が生じているためです。



インダストリー4.0が固定機能システムとクラウドインフラストラクチャに重点を置いていたのに対し、インダストリー5.0ではエッジ処理、リアルタイム対応性、そしてエネルギー効率へと重点が移行しています。ヒューマノイドロボットにおいては、厳格な熱的・電力的制約条件のもとで、複雑なAI推論の実行、マルチモーダルセンサー入力の統合、安全な相互作用の実現が求められます。

これらの要件は、単にコンピューティング中心のものではありません。組込みストレージには、低遅延アクセス、インテリジェントな障害記録、電力効率を考慮した動作をサポートしつつ、基板上の重要なスペースを最小限に抑えることが強く求められます。

ロボットアーキテクチャには同期化されたサブシステムが必要です

ヒューマノイドロボットは、複数の高性能領域が継続的に同期して動作する必要がある統合プラットフォームとして機能します。その知覚システムは、高解像度カメラアレイ、LIDAR、および慣性センサーに依存し、環境に対する正確かつ応答性の高い理解を構築します。音声認識および自然言語処理モジュールにより、音声による相互反応と状況認識が可能となります。一方、モーション制御システムは、二足歩行、物体操作、および細やかな動きを調整します。コアAI推論エンジンは、行動生成、経路計画、意思決定をエッジ側で実行します。多くの場合、厳しい時間制約のもとで動作します。



これらの機能を支えるのは、システムイベント、異常、および運用指標を記録する搭載型データロギングおよび診断システムです。これらのサブシステムはすべて、ミリ秒未満の精度で通信および実行を行わなければなりません。視覚データは遅滞なく推論パイプラインに入力されなければなりません。アクチュエータへの指令はリアルタイムのセンサー入力を反映しなければなりません。また、システムの健全性分析はミッションタスクと並行して処理する必要があります。これらすべての要求を満たすには、一貫したレイテンシ、電力効率、そしてインテリジェントなサブシステム連携を兼ね備えた組み込みストレージソリューションが必要となります。Silicon MotionのFerri組み込みストレージ製品群は、コンパクトで高信頼性が求められるアプリケーションにおいて、こうした条件を満たすよう特別に設計されています。

ストレージはシステムレベルの基盤技術として

ヒューマノイドロボットにおける組み込みストレージは、起動プロセスの処理や静的なアプリケーションデータの管理に限定されるものではありません。重要なシステム機能の実行において、積極的な役割を果たしています。リアルタイムの画像およびセンサーストリームは、シームレスな動作を保証するため、継続的にキャプチャされ、最小限の遅延で処理される必要があります。AI推論エンジンは、モデルの高速な読み込みと、ローカルに保存されたデータセットへのアクセスに依存しています。サブシステムの活動には、実行時の調整とデプロイ後の分析の両方のために、永続的なログ記録が必要です。ファームウェアおよびモデルのアップデートは、多くの場合、使用中に無線で配信されます。そのため、シームレスな読み書き性能が求められます。並行して、診断データは特定のトリガーに応じて記録およびアクセスされ、予知保全とシステムレベルの障害復旧を支援する必要があります。

これらの運用上の要求を満たすには、基本的な処理能力以上のものが必要となります。組込みストレージは、コンパクトなロボット設計の物理的・熱的制約の中で、一貫した性能、電力効率の高い動作、および他のリアルタイムコンポーネントとの同期能力を提供しなければなりません。

シリコンモーション社製Ferri組込みストレージ

Silicon MotionのFerri製品ファミリーは、Silicon Motion製コントローラ、NANDフラッシュ、およびファームウェアを単一のコンパクトなBGAパッケージに統合した、完全な組み込みストレージソリューションを提供します。製品ラインには、FerriSSD®、Ferri-UFS®、Ferri-eMMC®が含まれており、それぞれ特定の性能と統合ニーズに合わせて設計されています。



FerriSSD : AIおよびロギングアプリケーション向けのPCIe® Gen4パフォーマンス

FerriSSDはPCIe® Gen4をサポートし、計算負荷の高いタスクや継続的な大容量ログ処理を扱うサブシステム向けに特別に設計されています。大規模なAIモデル（LLMやトランスフォーマーベースのアーキテクチャなど）を自律的な運用をサポートするためにローカルでホストする必要があるシナリオにおいて、非常に優れた性能を発揮します。本デバイスは、コンプライアンスおよびシステムレベルの診断のためのイベント駆動型データ収集の要求にも応えており、あらゆる推論結果、制御決定、異常を、性能を低下させることなく永続的に記録することを保証します。意思決定が集中管理されるアプリケーション（経路計画、安全制御、タスク優先順位付けなど）において、FerriSSDは決定論的挙動を維持するために必要な持続的な帯域幅と低遅延応答性を提供します。そのファームウェアは長期にわたる安定した性能を実現するよう最適化されており、内蔵温度センサーとインテリジェントなワークロード制御により、長時間の高負荷処理時においても温度の一貫性を確保します。

Ferri-UFS : 高スループットセンサーおよびAIサブシステム向けに設計

Ferri-UFSは、持続的で低遅延のデータ転送を必要とするワークロードをサポートします。UFS 3.1をサポートし、以下の機能を提供します：

- 読み取り速度は最大1600MB/秒
- 書き込み速度は最大800MB/秒
- コマンドキューイングおよび並列アクセスへの対応

これらの機能により、リアルタイム物体認識、マルチカメラ入力、同時位置推定とマッピングを含むAIベースの知覚スタックに最適です。その低いアクセス遅延と高い同時実行性により、推論エンジンは遅滞なく環境に対応できます。

Ferri-eMMC : 制御およびインターフェースモジュール向け高効率精密技術

Ferri-eMMCはeMMC 5.1仕様に準拠し、最大スループットを必要としないが、一貫した応答時間と長期的な耐久性が求められるサブシステムに最適です。モーション制御プロセッサにとって理想的な選択肢であり、精

密なタイミングと低遅延のコマンド実行が極めて重要です。音声コマンドインターフェースについても同様であり、ウェイクワード検出と音声入力のための信頼性の高い常時稼働処理をサポートしなければなりません。タッチスクリーンやフィードバックディスプレイなどのヒューマンマシンインターフェースモジュールにおいて、Ferri-eMMCは不要なコストや複雑さを追加することなく、応答性の高いインタラクションを実現します。コンパクトで電力効率に優れた設計でありながら、Ferri-eMMCは上位Ferri製品と同様のインテリジェントファームウェアを搭載し、ロボットアーキテクチャ内の全サブシステムにわたる統一された診断機能、システム健全性監視、予測可能な統合をサポートします。

予測可能な運用を実現する組み込みインテリジェンス

Ferri製品は、フラッシュストレージ以上の価値を提供いたします。これには、システムの安定性、障害復旧、および予知保全を支援するために設計されたファームウェアレベルの知能が含まれます。二つの主要な機能は、IntelligentLog™とIntelligentThermal™です。

IntelligentLog™：高周波ロギングと予知保全



組込みロボット工学における従来のソフトウェアベースのロギングシステムは、遅延を引き起こす可能性があり、故障時にはデータ損失が発生しやすい傾向があります。IntelligentLog™は、以下の機能を提供することでこれらの制限を解消します：

- 構造化された高頻度ロギングパーティション
- 全サブシステムにわたるイベントのタイムスタンプ付きインデックス化
- リアルタイムでの耐久性モニタリングとホスト通知
- 障害発生時の重要ログの自動的な再配置

これにより、エンジニアは包括的な運用記録を維持し、OTAモデル最適化をサポートし、最小限のホスト負荷で迅速な障害の特定を行うことが可能となります。

IntelligentThermal™：デュアルモード熱調節



ヒューマノイドロボットにおける熱予算は、AI演算部、アクチュエータ、センサーモジュール間で共有されます。熱に対して動的に対応できないストレージは、システムレベルの不安定性の要因となる可能性があります。IntelligentThermal™は、二つの独立した制御モードを提供します：

- ホスト制御温度管理(HCTM)により、システムプロセッサはリアルタイムの熱データに基づいてワークロードを調整することが可能となります
- ドライブ制御温度管理(DCTM)により、Ferriストレージデバイスは、ホスト側の介入が不可能な場合でも、自律的にスロットリングまたはワークロードの再配分を行うことが可能となります

このデュアルモード制御により、空気の流れが制限された環境下での長時間のAI処理や高頻度のモーター動作時においても、ストレージ性能が一貫して維持されます。

サブシステムのマッピングと統合戦略

これらの異なる種類のストレージは、それぞれ明確な特徴を備えており、ロボットの様々な機能、例えばモーター制御、音声認識、マシンビジョン、活動検知、大規模言語モデルの処理などに、特定の利点をもたらすことができます。表に記載されている通り、この記憶装置はヒューマノイドロボットの役割に割り当てることが可能です。

サブシステム	Ferri製品	提供される機能性
視覚と知覚のスタック	Ferri-UFS	リアルタイム動画バッファリングおよびAI推論パイプラインのサポート
モーションコントロールユニット	Ferri-eMMC	一貫した運動制御とタイミングが重要なフィードバック処理
AI意思決定プロセッサ	FerriSSDまたはFerri-UFS	大規模言語モデル(LLM)および文脈認識型処理モデルのホスティング
音声/自然言語処理インターフェース	Ferri-eMMC	音声認識と自然言語コマンドの実行
システムログと分析	IntelligentLog™搭載FerriSSD	持続的な故障診断と自律的なイベント捕捉

このモジュラーマッピングにより、設計エンジニアは共通のファームウェア基盤と熱管理戦略を維持しつつ、個々のサブシステム要件に合わせてストレージの選択をカスタマイズすることが可能となります。

産業用ロボットおよびAIoT導入向けに設計された

Ferri製品は、長期的な信頼性が極めて重要な過酷なエッジ環境での導入を想定して設計されています。各デバイスは、-40°Cから105°Cまでの広い動作温度範囲に対応しており、産業環境および屋外環境の両方で安定した性能を発揮します。内蔵の停電保護機能と高い書き込み耐久性により、Ferriソリューションは自律システムの継続的なログ記録やモデル更新の要求に耐えることが可能です。高度なエラー訂正機能 (LDPCベースのECCを含む) により、書き込み負荷の高いワークロード下においてもデータの完全性を維持します。コンパクトなBGAパッケージにより、機械的な統合が簡素化され、幅広い組込みプラットフォームにおける迅速な認定をサポートいたします。Ferriストレージは、産業用オートメーション、自動車向けエッジコンピューティング、AIoTシステムなど、持続的な稼働下での安定したフィールド性能が不可欠な分野において、既に広く採用されております。

結論

ヒューマノイドロボットの制御には、サイズ、消費電力、熱性能といった厳しい制約を受ける複数のサブシステム間で、複雑かつリアルタイムな連携が求められます。これらの目標を達成するためには、多様な環境下、構造化されていない状況、そして絶えず変化する条件において、同期化、リアルタイムAIの実行、そして安全な性能が求められます。システムストレージに求められる要件は、単に容量を提供するだけにとどまりません。ストレージデバイスは、信頼性、ライフサイクル管理、および広い動作温度範囲における安定性をサポートする、システムを意識したコンポーネントとして機能しなければなりません。

Silicon MotionのFerri組込みストレージソリューションは、ロボットエンジニアの皆様にコンパクトでインテリジェント、かつ高性能なプラットフォームを提供いたします。Ferriは、ビジョンシステム、AIコア、制御ループ、データロガーのいずれに導入されても、最小限の統合オーバーヘッドで一貫性と効率性を実現します。

ヒューマノイドロボットの開発を加速し、組込みストレージの選定を効率化したい設計チームの皆様へ、Ferriは実績ある導入の道筋をご提供いたします。

詳細はwww.siliconmotion.comをご覧ください。

Ferri ファミリーについての詳細は、www.siliconmotion.comをご覧ください。
または、ferri@siliconmotion.comまで電子メールにてお問い合わせください