

Application Brief

高度な産業用通信によって実現できる、AI 駆動の監視と故障防止



概要

人工知能 (AI) は、産業の運営方法に革命をもたらし、従来のリアクティブなメンテナンスアプローチを超えて、事前対応型のデータ主導型意思決定へと移行しています。AI テクノロジーを活用すると、システムは膨大な量の運用データから学習し、人間のオペレータには見えないパターンを識別するとともに、優れた精度で将来の結果を予測することができます。このような変革は、自動運転車やスマート製造から、エネルギーグリッドの最適化やサプライチェーン管理まで、さまざまな産業用途で特に顕著です。

産業用環境で最も大きな影響を及ぼす AI アプリケーションの 1 つに、予知保全があります。石油やガスから、ファクトリオートメーション、ロボット、エネルギー インフラに至るまで、あらゆる業界の製造プラントにとって予知保全は重要な優先事項になっています。モーターやギアボックスが生産プロセスを駆動する現場では、動作を停止する可能性のある予期しない障害を防止するために、AI で強化された継続的な健全性監視が不可欠です。計画外の生産停止が発生すると、生産性と収益の損失により、多大なコストがかかります。

従来のメンテナンス戦略では、モーターとギアボックスが時間の経過とともに自然に摩耗するにつれて機器に致命的な故障が発生するまで対処されません。しかし、AI アルゴリズムでは、電流引き込み、温度変化、人間のオペレータが見逃す可能性のある振動パターンの変化など、故障の前に発生する警告兆候を早期に検出できます。製造の中断以外に、大型モーターやタービンの故障を AI が予測することで、担当者に深刻な安全性リスクをもたらす機械的爆発を防止することができます。

電流、電圧、温度、振動などの重要なパラメータを AI を活用して監視することで、工場の現場全体で高度なパターン認識と障害予測を実現できます。機械学習アルゴリズムを産業用オートメーションピラミッドに直接統合することで、プラントのオペレータは、機器の潜在的な問題について、これまでにない精度で事前に警告を受け取ることができます。これにより、生産時間以外の時間に最適なスケジュールされたメンテナンスが可能になり、コストのかかる計画外のダウンタイムを防止しながら、機器の寿命を最大化できます。

AI 駆動の通信と故障防止機能を搭載した産業用通信のデモ セットアップ

このデモ システムでは、従来型のオートメーションピラミッドアーキテクチャに AI がシームレスに統合される方法を示しています。基礎レベルでは、システムにインテリジェントなセンサとアクチュエータを組み込んでおり、一部のセンサには、統合型 AI アクセラレータとアルゴリズムが搭載されています。これにより、データ転送要件を削減し、エッジ側での直接的な故障検出が可能になります。産業用通信プロトコルはインテリジェントバックボーンとして機能し、AI 対応センサをゲートウェイ、PLC、クラウド インフラと相互接続して、包括的な予知保全エコシステムを構築します。デモ機は以下のセクションで構成されています。

- エッジ処理ボード (TIDA-010261)、IEPE フロントエンド (TIDA-010249)、エッジゲートウェイボード (TIDA-010262) を使用した振動センシング デモ
- 産業用イーサネット
 - 100Mbit 産業用イーサネットシステムオンモジュールソリューション (TICS100MOD)
 - 100Mbit 産業用イーサネットのリファレンス デザイン (TIDA-010973)
- IO-Link
 - 産業用イーサネットから 8 ポート IO-Link マスタゲートウェイ (TIDA-011002)
 - IO-Link デバイス センサ / アクチュエータ (TIDA-010263)
- AM13E230x ボードを使用した振動と不均衡の検出

エッジコンピューティング センサ ボードと AI 対応ゲートウェイを使用した、予測メンテナンス向けの振動センシング

予知保全とは、従来の事後保全戦略から、インテリジェントなデータ駆動型資産管理への根本的な移行を意味します。機器の健康インジケータを継続的に監視することで、組織は予期しない故障を防ぎ、メンテナンスコストを最大 30% 削減し、機器の寿命を大幅に延長できます。この事前対応型のアプローチにより、コストのかかる緊急修理を排除できるだけでなく、メンテナンススケジュールを最適化し、予備部品の在庫を削減し、そして最も重要な点として、従業員を危険にさらす可能性のある安全上の事故を未然に防ぐことができます。単一の製造ラインで障害が発生した場合、1 時間あたり数千ドルのコストが発生する製

造環境では、競争上の優位性と運用効率を維持するために、予知保全が不可欠です。

振動センシング サブシステムでは、相互接続された以下の 3 つのリファレンス デザインで構成される統合型アーキテクチャを活用して、この予知保全の理念を実証しています。

- **TIDA-010262**: データ アグリゲーションとクラウド コネクティビティ向けゲートウェイリファレンス デザイン
- **TIDA-010261**: リアルタイム振動分析向けエッジ プロセッシングのリファレンス デザイン
- **TIDA-010249**: IEPE 振動センサ向けに特別に設計されたアナログ フロント エンド

ゲートウェイ ボード (**TIDA-010262**) はセントラル ハブの役割を果たし、Linux を動作させる AM6442 プロセッサを搭載して複数のデータ ストリームを同時に管理します。センサ接続のための 4 個の独立した T1L PHY をサポートしており、シームレスなクラウド統合に適した 1Gbit イーサネット ポートを搭載しています。このデザインには、SCCP ネゴシエーション機能を搭載したデータライン経由の電力給電側機器 (PoDL PSE) が組み込まれているため、設置を簡素化し、配線の複雑さを低減できます。

センサ ボード (**TIDA-010261**) は、リアルタイム信号処理向けに最適化された AM2432 プロセッサと組み合わせてエッジ側で動作します。SCCP ネゴシエーションによる PoDL 受電側 (PD) サポートを備えており、インテリジェントな電力管理を実現します。内蔵の TIDA-010249 アナログ フロント エンドは、最大 4 つの IEPE (統合型電子ピエゾ電気) センサと同時に接続でき、高性能インターフェイス (HPI) 経由で AM243x プロセッサに接続して迅速にデータ処理できます。

通信インフラは T1L (10BASE-T1L) シングルペア イーサネット テクノロジーを活用し、1 本のワイヤ ペアを使用して最大 2km の距離にわたって堅牢なデータ転送を実現します。PoDL (データライン経由の電力供給) テクノロジーは、電力とデータの両方を同時に提供し、産業環境での設置を大幅に簡素化すると同時に、信頼性の高い通信を維持します。

インテリジェント システム操作

このシステムは、予知保全向けに最適化された最新式のデータ パイプラインを通じて動作します。

1. データ収集: IEPE 振動センサは、回転機械からの機械的振動シグネチャを連続的にキャプチャします
2. シグナル コンディショニング: アナログ フロント エンドの高精度 ADC は、アナログ振動信号を非常に優れた忠実度でデジタル フォーマットに変換します
3. エッジの処理: センサ ボードは、リアルタイム FFT (高速フーリエ変換) 計算を実行し、振動データを時間ド

メインから周波数ドメインに変換して高度な分析を実行します

4. パターン認識: 周波数ドメイン解析により、ベアリングの摩耗、不均衡、ずれ、その他の機械的故障シグネチャに関する重要な情報が明らかになります
5. データ転送: 処理された振動スペクトルは、T1L SPE を介してゲートウェイ ボードに送信され、包括的な分析とデータ融合が可能です
6. AI 活用型分析: このゲートウェイは、モーターの電流シグネチャ、電圧変化、温度トレンドなどの補完パラメータと振動データを関連させる高度な AI アルゴリズムを実行します
7. クラウド統合: 処理された結果と予測インサイトは、エンタープライズ クラウド サービスですぐに利用できるようになり、長期的な傾向分析、メンテナンス スケジュール、フリート全体の最適化が可能になります

100Mbit 産業用通信のリファレンス デザイン

TIDA-010973 リファレンス デザインは、100Mbit 産業用イーサネットをデザインに統合するための包括的なソリューションを提供します。このプラットフォームを採用すると、EtherCAT、Profinet、Ethernet/IP の各プロトコルを含め、マルチプロトコルの産業用イーサネットをサポートできます。

主要部品:

- **AM2612** 500MHz デュアルコア Arm® Cortex®-R5F ベース マイコン、リアルタイム制御機能を搭載
- **DP83826AI** イーサネット PHY
- **TPS65214** PMIC
- **LMK3C0105** BAW 発振器と 4 出力クロック バッファ

LMK3C0105 は、マイコンとイーサネット PHY を同期します。これは、「オンザフライ」の packets 処理を利用する EtherCAT などの産業用イーサネット プロトコルにとって重要です。マイコンと PHY の間で共有されたクロックソースにより、TX バッファのオーバーフローまたはアンダーラン状態を防止します。

このリファレンス デザインには、回路図、BOM (部品表)、ガーバー ファイル、Altium 設計ファイルなど、包括的な設計ファイルが付属しています。AM261x EVM 向けの産業用 SDK とマイコン SDK は、いずれも TIDA-010973 と互換性があります。このデザイン ガイドでは、TIDA-010973 と標準的なテキサス インストルメンツの評価基板との間の拡張および変更について詳しく説明しています。

100Mbit 産業用通信システム オン モジュール (TICS100MOD)

テキサス インストルメンツの AM2612 マイコンと TI PHY をベースに構築された、生産対応済みの小型産業用イーサネット通信モジュールで、単一のハードウェア プラットフォームで複数の認証済みリアルタイム イーサネット プロト

コルをサポートするように設計されています。このモジュールを採用すると、機器メーカーはベースボードを再設計することなく、よりシンプルで、コスト効率に優れた産業用イーサネット通信を統合することができます。

コスト効率の優れた IO-Link ゲートウェイのリファレンス デザイン

IO-Link ゲートウェイリファレンス デザイン (TIDA-011002) では、コスト最適化済みの IO-Link マスタ評価ボードを紹介します。このボードは、マルチプロトコル産業用ゲートウェイとして機能し、さまざまな産業用イーサネットプロトコルと IO-Link デバイスの間で変換を実施します。

デモの設定: このボードは、産業用オートメーション シナリオでインテリジェント ゲートウェイとして機能し、高度な産業用ネットワーク (EtherCAT、Profinet、Ethernet/IP) と、フィールドレベルの IO-Link センサとアクチュエータの間のギャップをシームレスに橋渡しします。

主なデモ機能:

1. マルチプロトコル産業用イーサネット接続
 - EtherCAT、Profinet、Ethernet/IP の各プロトコル間でのライブ切り替え
 - 10/100Mbit ネットワーク パフォーマンス デモ
 - 産業用コントローラとのリアルタイム データ交換
2. 8 ポート IO-Link マスター機能
 - 最大 8 つの IO-Link デバイス (センサ、アクチュエータ、スマートデバイス) を接続
 - ポートあたり 1A の電力供給のデモ
 - 400µs サイクル時間での COM3 通信
 - PRU ベースのフレーム ハンドラによる低 CPU 負荷動作

AM64x/AM62 AI 開発ツール

AM64、AM62、AM62P、AM62L などのテキサス インストルメンツ製マイクロプロセッサは、業界標準の AI ランタイム **ONNX Runtime** や **Tensorflow-Lite (LiteRT)** 向けのソフトウェア サポートが付属しています。PyTorch や **Tensorflow** などのツールを搭載したサーバーまたは PC でトレーニングされた AI モデルは、ONNX や .TFLITE 形式にエクスポートされ、組み込みマイクロプロセッサで推論を実行するために使用されます。

時系列データを用いて動作するニューラル ネットワークは、産業用オートメーションとネットワーク、特にネットワーク ハブやセンサ アグリゲータ デバイスにおいて多くの問題を解決することができます。異常検出と分類のモデルは、モーター速度、振動パターン、オーディオ、電気的特性を分析し、保守の必要性を予測します。個々のパケット、リンク、デバイス使用率、およびプロトコル固有のメトリックごとにキャプチャされたネットワーク特性の時間変化パタ

ーンは、ネットワークの動作を予測し、ネットワーク パフォーマンスとサービス品質を向上させることができます。

これらのプロセッサ向け **Linux SDK** を使用すると、開発者は **Arm Cortex™ A53** コア上で AI モデルを実行できます。時系列データを使用した AI ベースの予知保全のほとんどの用途において、この口径の CPU コアで十分であり、ハードウェア アクセラレーション、つまり NPU を必要としません。**XNNPACK** と **ARMNN** を標準実装することで、レイテンシ要件を満たすのに十分な性能が得られます。このようにすることで、開発者は、ターゲット固有のツールチェーンやカスタムのツールチェーンに依存せずに、これらのデバイス用の業界標準ツールを使用して AI モデルを作成することができます。場合によっては、例えばデータ量やデータ チャンネルが多い場合、レイテンシ要件が極めて低い場合、あるいは特に複雑なモデルなどにおいては、NPU が必要になることがあります。テキサス インストルメンツはこの分野への投資を継続し、エッジ AI のより難易度の高い応用を加速させています。

AM13E230x モーター不均衡検出のデモ

このデモでは、AM13E230x デバイスがファン アプリケーションで不均衡と故障を検出する方法を紹介します。この高性能デバイスは、AI アクセラレーションと、ホーム オートメーション アプリケーション用に設計された直感的なソフトウェア エコシステムを活用して、性能の向上、消費電力の削減、および使用するモーターの寿命の全体的な延長を実現します。AM13E230x は、200MHz の性能を **TinyEngine™ NPU** と組み合わせて活用し、モーター制御と AI ソフトウェア ソリューションを同時に実行します。スマートホーム オートメーションでは、モーターの耐用期間と故障検出に関するエンジニアリング上の重要な懸念は、AM13E230x で考慮される設計上の重要な要素になりません。

デモ シナリオ: AM13E230x ハードウェア エコシステム (LaunchPad 評価基板とゲートドライバ ボード) に接続された 2 個のファンがあります。一方のファンは、ブレードの一方に取り付けられているネジで動作します。AM13E230x は、ブレードのネジによる不均衡を検出します。もう一方のファンは、ファンが正常に動作していることを示します。このデモは、ファン モーターで **EdgeAI** デザインを使用し、ファンの不均衡を検出し、モーター全体の損傷を防止して性能を向上させる方法を示します。

主な特長:

- 高性能: 200MHz Arm® Cortex®-M33 プロセッサ
- AI アクセラレーション: **TinyEngine™ NPU**
- 検出機能: エッジ AI アルゴリズムを使用した振動、故障、不均衡の検出
- ソフトウェア エコシステム: セキュア リソース コード インターフェイスからアクセスできる、Zero、EdgeStudio、ソフトウェア ライブラリに対応するモーター制御 GUI

デモ コンポーネント:

- AM13E230x LaunchPad 開発ボード
- EdgeAI、モーター制御 GUI、InstaSPIN に関するアプリケーション ノート
- 試験ネジ付き PMSM/BLDC 低電圧ファン

商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月