

スマート製品・
コネクテッド製品を
設計するための
エンジニアリング
ハンドブック

LIFECYCLE

INSIGHTS



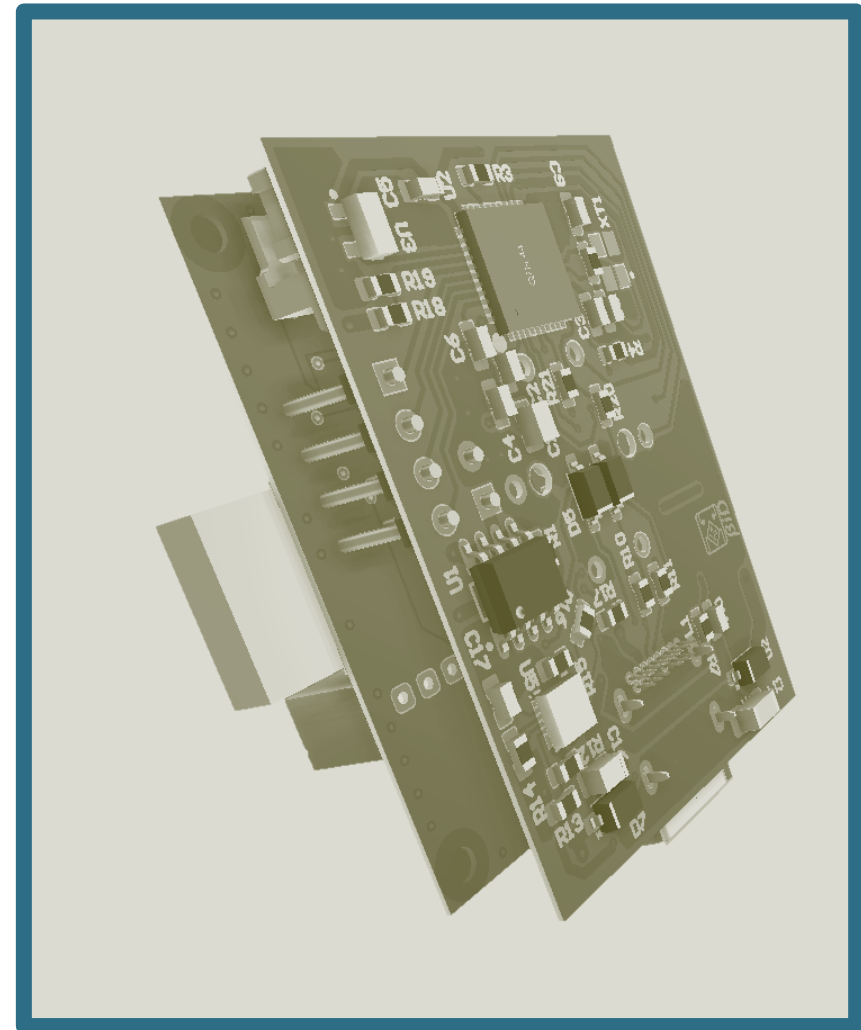
スマート製品・コネクテッド製品を開発するには

今日、IoT（Internet of Things）が劇的な変化をもたらしています。これをまたとない好機と捉える企業もあれば、大きな脅威と見る企業もあるでしょう。どちらにしても、IoT テクノロジーを導入している企業はさまざまな変革を起こし、製品の使用状況の把握、製品のリモート監視、予防メンテナンスのスケジュール設定などを実現しています。

変化の範囲は、製品販売後のビジネスに留まりません。製品自体も根本から変化しています。IoT を活用する**スマート製品・コネクテッド製品**が次々と作り出され、これまでは機械部品で構成されていた製品にセンサー、アンテナ、回路基板（PCB）、組み込みソフトウェア、複雑な配線ハーネスが搭載されるようになっていきます。

このような製品の変化は、当然ながらエンジニアリングにも大きく影響します。設計チームには、スマート製品・コネクテッド製品をスケジュールどおりに予算内で開発するための新しいスキルやプロセス、テクノロジーが必要になります。では、どのような人材を確保すればよいのでしょうか？必要なトレーニングは？ストリーミングデータのどのような利用が可能でしょうか？具体的にどのプロセスを採用する必要があるのでしょうか？新規に購入すべきツールは？

この e ブックは、こうした疑問に答えます。企業をスマートなコネクテッド製品の開発へと向かわせている現在の動向を詳しく紹介し、ストリーミングデータの活用について説明します。また、ビジネスを混乱させることなくスマート製品の新時代に移行するために企業が受け入れなければならない変化について検討します。このような変革をどのように乗り切るか、その方法を探るための参考にしてください。



エンジニアリングチームへの新たな要求

IoT時代の製品の変革には、特徴的な2つの方向性があります。製品のスマート化と、製品のコネクテッド機能の強化です。このふたつの変化には、製品の新機能の開発が必要です。詳しく見てみましょう。

製品のスマート化

一般に、スマート化の機能はユーザーが気づく形で外に表れます。たとえば、ユーザーとインテリジェントにやりとりしたり、環境や運用の変化に自動的に対応したりするといった機能です。要は、製品が何かを感知して、インテリジェントな方法で反応することです。

通常、企業がスマート製品を製造する理由は、市場での競争力を獲得するためです。競合他社を抑える差別化要因となる可能性があります。既存市場の均衡が崩れ、長年続いた優劣関係が入れ替わることも考えられます。革新的な新機能の価値を価格に上乗せできるかもしれません。

実現するメリットが何であれ、スマート製品にはテクノロジーを活用した以下のような機能セットを搭載する必要があります。

- 環境を感知するセンサーや、人間による操作を可能にするユーザー インターフェイス
- 読み取ったデータやコマンドを電子装置に送信する通信ネットワーク
- データを解釈したり、インターフェイスやアクチュエータ コンポーネントにコマンドを送信したりするための、回路基板 (PCB) のプロセッサと組み込みソフトウェア
- 製品や外部に対して物理的に制御するアクチュエータ コンポーネント

従来の製品のスマート化を進める企業では、エンジニアリング部門は新しいテクノロジーを開発して製品に組み込むことができません。そのためには、以下のスキルの習得が必須です。

- 適切なセンサーと回路を開発して製品に組み込む。
- スマート製品の適切な制御を可能にする組み込みソフトウェアを開発する。
- 回路基板 (PCB) と電気システムを設計して製品に組み込む。
- 上記コンポーネントのすべてをひとつのシステムとして統合する。

製品のコネクテッド機能の強化

製品のコネクテッド機能の強化は、製品のスマート化とはまったく異なります。通常、製品をコネクテッドにするということは、センサーからインターネット上のデジタル ストレージにデータがストリーミングされることを意味します。興味深いことに、コネクテッドの主な機能は外に現れないため、製品がネットワークに接続されていることにユーザーが気づかない可能性があります。

製品をコネクテッドにしている企業の多くは、ストリーミング データを使ってさまざまな戦略を実現しています。製品の使用時間に応じて課金する「サービスとしての製品」方式へと転換する企業もあれば、製品の使用状況を詳しく分析する企業や、メンテナンスに新たな収益源を見つけ出す企業もあります。製品のパラメーターを調べて次世代での改良点を探る目的で、コネクテッド機能を活用することもできます。

エンジニアリングの観点では、コネクテッド製品にはテクノロジーを活用した以下のような共通機能セットが必要となります。

- 製品や使用環境の状況を読み取るセンサー
- データを電子装置に送信する通信ネットワーク（データを処理してからアンテナに伝送する場合と、アンテナに直接伝送する場合があります）
- 読み取ったデータなどをインターネット経由でクラウドまたは社内のリモートサーバーに伝送するアンテナ

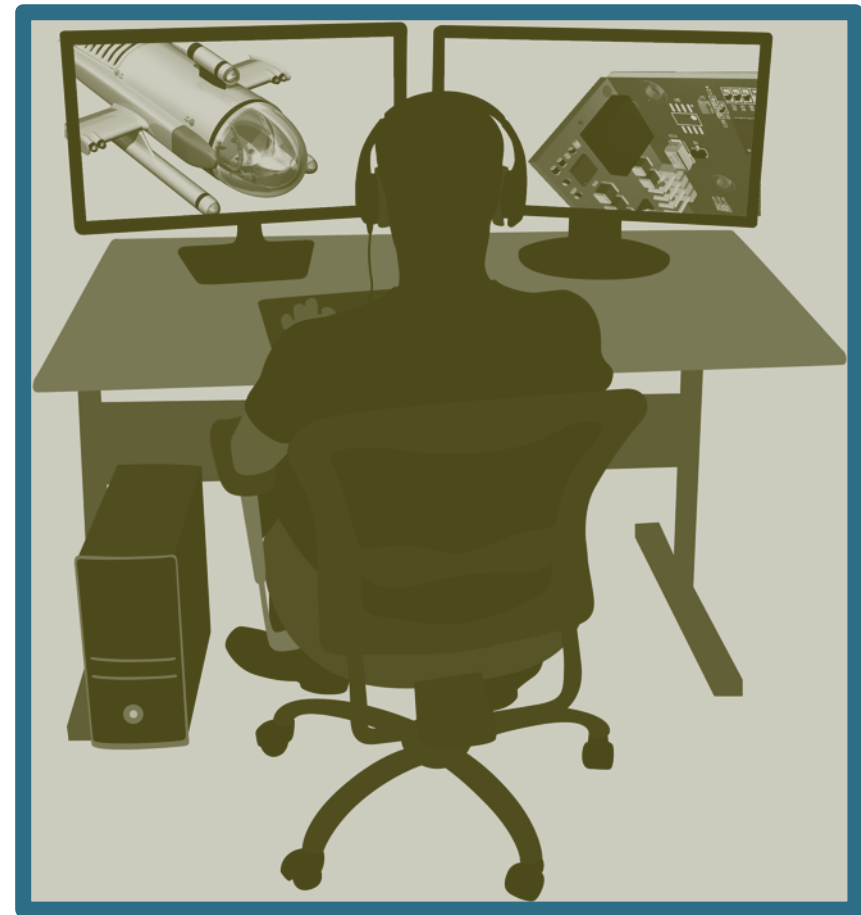
従来の製品の接続機能を強化するには、エンジニアリング部門はこうしたテクノロジーを製品やサービスに統合できなければなりません。以下の能力が必須です。

- 適切なセンサー構成を開発して製品に配置する。
- 製品をインターネットに接続しセンサーのデータを伝送するアンテナを開発して配置する。
- 製品から読み取ったデータを処理する回路基板（PCB）を設計して配置する。
- 通信するための電気システムを設計して製品内で接続する。

エンジニアリング部門から見れば、製品のコネクテッド機能の強化によって自分たちに課題が突きつけられることになります。IoT プラットフォームにストリーミングするデータを見極めるだけでなく、使用するネットワーク帯域幅を決定する必要もあります。データのホスティングの場所やセキュリティの方法にも対処しなければなりません。また、データを解釈してビジネス目標の達成に有効な結論を導き出す方法を見つけることも不可欠です。エンジニアリング部門のリーダーにとって、これらは容易なことではありません。

要点：エンジニアリングの変化

製品のスマート化とコネクテッド機能の強化というふたつの要求を受けて、エンジニアリング部門は根本的な変化を余儀なくされています。新しいテクノロジーを開発して製品に統合するために、対応能力の範囲を拡大しなければなりません。それには、新しいスキルやプロセス、設計ツールが必要です。



ストリーミングデータの活用

コネクテッド製品からのデータ ストリーミングは、新しい戦略を実践する絶好の機会を企業にもたらします。このセクションでは、そのアプローチをいくつか取り上げます。

サービスとメンテナンスの向上

ストリーミング データのよくある活用方法のひとつに、製品のサービスとメンテナンスの向上があります。企業は製品のパフォーマンスをリモート監視し、トラブルの兆候が見られた時点で先手を打って点検を実施できます。現場で不具合が生じてから対応を始めるのと違い、ダウンタイムを生じさせないため、ユーザーの不満を抑えられます。

このアプローチで重要なのは、不具合の兆候や予防点検の必要性を示すデータの傾向を識別することです。これには、機械学習（データの異常性を検出するソフトウェア アルゴリズム）やデジタルツイン（物理的に稼働している製品の動作を複製した仮想モデル）の使用が有効です。

ビジネスの観点では、ストリーミング データを活用して予防メンテナンスをスケジュールすることは、「サービスとしての製品」戦略の実現に不可欠な要素です。この戦略では、ユーザーは実際の製品を購入するのではなく製品の機能に料金を支払います。たとえば、空調機器を購入せずに冷暖房サービスを月額料金で利用できるサービスが考えられます。また、航空機の推進装置を月極レンタルしてタービンエンジンの購入が不要になるサービスが思い浮かびます。

どちらの例でも、サービス料金に違約金を発生させないためには、サービスが中断しないことが重要です。予防メンテナンスがこの戦略の成功に欠かせません。

カスタマー エクスペリエンスの向上

コネクテッド製品についての多くの議論では、製品からのストリーミング データを使って何ができるかにばかり焦点が当てられています。しかし、それ以外にも注目すべき点があります。こうしたセンサー データとインターネットで公開されている他のデータを組み合わせることで独自の機能を提供することです。たとえば、リモート操作が可能なだけでなく、天気予報をモニタリングして雨が予想される日は芝に散水しないといった、スマートなスプリンクラー システムが考えられます。

このようなシナリオの実現で重要なのは、製品からストリーミングされるセンサー データとインターネット上のデータ ソースから得られる情報を組み合わせる機能です。多くの場合、これはクラウド上の IoT プラットフォームの機能として提供されます。プラットフォームまたは製品ソフトウェアによって、スマートな判断のための論理的な条件が定義されます。これにより、製品機能の大幅な差別化を図ることができます。

製品計画の向上

企業が新製品を計画するときは、既存製品の使用状況に関する多くの推測に基づいて要件や機能を決めます。残念ながら、その推測が間違っている場合があります。この場合、ベースにしている前提が的外れとなるため、製品開発の努力がすべて無駄になってしまいます。結果として、ユーザーの求める製品ではなくなります。

しかし、IoT 時代を迎えた今、推測に代えて、コネクテッド製品から収集されるデータを活用できるようになりました。既存製品にセンサーを搭載し、製品の使用状況や運用環境の計測値などの確かな根拠となるデータをストリーミングできます。これにより、製品の実際の使用状況や運用の推測ではなく検証が可能になります。

モジュラー構造の製品ファミリーを計画する場合、こうしたデータが多大な恩恵をもたらす可能性があります。製品計画担当者とエンジニアは、どのオプションやバリエーション機能が実際にユーザーに使用されていて、どれが使用されていないかを検証できます。そのような情報には、将来のより有益な決断のために計り知れない価値があります。

予測不能なビジネスの変化

どのようにストリーミング データの利用を計画しても、予期せぬ結果となる可能性があります。「サービスとしての製品」戦略に移行した場合は、サービスのアップタイムと、製品を故障前にメンテナンスできることが、収益源に直結します。センサー データとインターネット情報を組み合わせて独自の機能を提供するには、安定した接続が必要です。これがなければ製品は故障しているのと同じです。推測をストリーミング データに置き換えると誤った認識の原因を取り除けますが、こうしたデータには前後関係が必要です。

スマートなコネクテッド製品の製造と販売への移行を進めながら、製品やサービスの提供を成功させる要素と差別化する機能を見極めます。新たな提供の内容に合わせてビジネス ケースを構築します。さらに、欠陥があった場合に新しいアプローチの成功がどのように妨げられるかについて留意しておいてください。

コネクテッド製品、ストリーミング データ、IoT はビジネスを変える力がありますが、必ずしも変えなければならないわけでは**ありません**。大きく変えることなく、現在のビジネス モデルや製品に新機能を加えることも可能です。ただし、ユーザーの期待が変わる可能性があることに注意しましょう。これはスマートなコネクテッド製品に直接的にも間接的にも大きく影響します。

要点

ストリーミング データは、以下のようなさまざまな新しい戦略を実現します。

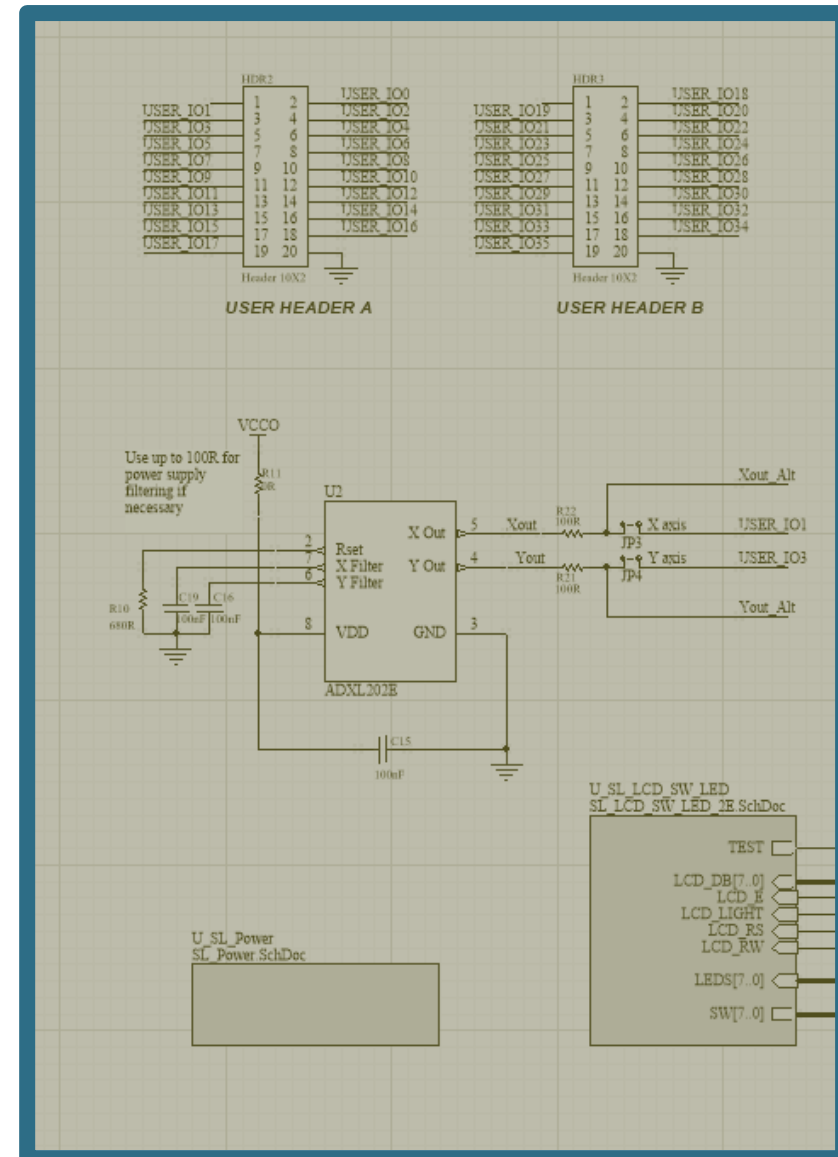
- 製品をリモート監視して、予防的サービスを促進します。これは「サービスとしての製品」アプローチで利用できます。
- センサー データとインターネット データと組み合わせて、新しい製品機能を提供し、製品を差別化します。
- 開発プロセスの初期段階で、これまでの推測に代えてセンサー データを活用します。ニーズから外れた製品の開発を防止できます。
- スマートなコネクテッド製品の提供は、ビジネスに予期せぬ結果をもたらす可能性があります。どれだけ成長できるかだけでなく、短所や欠点も見極めて、ビジネス ケースを進めます。

電気/電子システムの開発

現在のスマート製品やコネクテッド製品の機能は、センサー、アンテナ、回路基板、配線ハーネスといった電気/電子システムに依存しています。このタイプの製品の製造に着手する企業は、開発能力の拡大や向上が必要になります。

人、プロセス、テクノロジーの変革

- 電気設計スキルを持つ人材の雇用またはトレーニング：**多くのメーカーは機械コンポーネントの設計には対処できます。しかし、システム内の構成要素の設計には電気設計の専門知識とスキルが必要です。社内でこの分野への対応能力を高めるには、電気技術者を雇用するか、適度なエンジニアリングのトレーニングに投資を行う必要があります。このステップに近道はありません。
- 確認と検証のプロセス：**今日の電気/電子システムの要件を確実に満たすには、所定のステップが必要です。これについては、新規設計をデジタル的にチェックするなどのテクノロジーを利用できます。システムレベルの試作およびテスト段階の前に検証することは、重要なステップです。
- 適切な設計ツールの入手：**電子/電気要素の設計に必要な電気系CAD（ECAD）ツールや相互的な接続の設計ツールには、投資する価値があります。また、開発工程で機械系CAD（MCAD）ツールとECADツールの間で繰り返し情報を交換する必要があるため、両者の密接な統合が重要です。システム構成をトラッキングするデータ管理も必要です。成功のためには、各種ツールを密接に統合したエコシステムが不可欠です。



サプライヤへのアウトソーシング

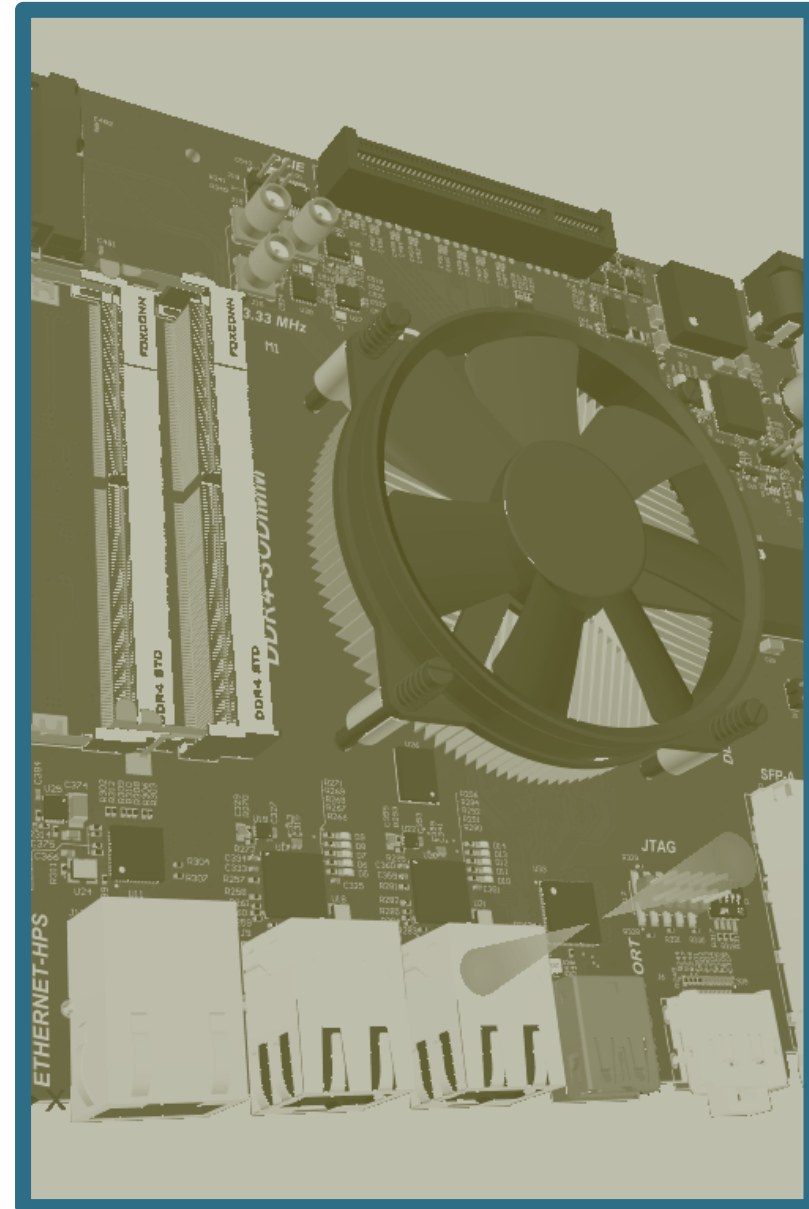
社内で人材を確保する代わりに、これらの領域をブラックボックス化して第三者にアウトソーシングする方法もあります。この方法を成功させるには、システムの電力、制御、信号品位といった特性を中心とした要件を社内できっちりと定義および管理できる必要があります。

スマートなコネクテッド製品のシステム開発における最大級の課題は、対象の電子装置で組み込みソフトウェアを確実に動作させることです。システムの電気/電子関係をアウトソーシングしたら、このリスクに慎重に対処しなければなりません。

また、このアプローチを採用する場合は、組み込みソフトウェアだけでなく電子装置をシステムに統合する方法も社内で理解している必要があります。システムを試作してテストし、問題点を特定することが重要です。

要点

社内で人材を確保することは可能です。しかし、この作業（おそらく制御システム全体）をサプライヤにアウトソーシングすることも、現実的な代替策です。どちらのアプローチでも、社内で要件定義、システム設計、テストができる必要があります。



組み込みソフトウェアの開発

スマートなコネクテッド製品のインテリジェントな機能を実現しているのは、制御システムを強化し、IoT プラットフォームに送信されるセンサー データを処理する組み込みソフトウェアです。これも、新時代の製品の開発に重要な対応能力です。

人、プロセス、テクノロジーの変革

- **プログラマの雇用または「民主化」**：企業が組み込みソフトウェアの開発に必要なスキルを獲得する方法はいくつかあります。ひとつ目は、新規に雇用するか、社内のソフトウェア開発者にトレーニングを行うことです。ふたつ目は、ソフトウェアのモデルを作成して（プログラム）コードを自動生成するグラフィカルなプログラミングツールを制御系エンジニアに支給して、エンジニアを支援することです。ふたつ目の方法では、自動生成されたコードをテスト前に組み込みソフトウェア エンジニアが確認する必要があります。
- **モデルベース開発**：組み込みソフトウェアの開発で重要なステップのひとつは、対象の電子装置でコードが正しく動作するか検証することです。回路基板（PCB）の物理試作品が完成するまで検証を先延ばしすると、不具合ややり直しによって開発が大幅に遅れる可能性があります。これに代えて、モデルベース開発と呼ばれる一連の段階的ステップで構成された手法を使えば、互換性をデジタル的に検証できます。「Model-in-the-Loop」から「Hardware-in-the-Loop」までのステップにより、試作品が届くよりかなり前に、すべてが連係して動作することを確認できます。このプロセスを採用することは、スマートなコネクテッド製品を開発するすべての企業に重要です。

- **ソフトウェア開発ツール**：組み込みソフトウェアの開発にはツールのエコシステムが不可欠です。コードの作成を組み込みソフトウェア開発者が行う場合は統合開発環境（オープンソースが一般的）、制御系エンジニアが行う場合はグラフィカルなプログラミングソリューションを使用します。コードの管理には、ソフトウェア コンフィギュレーション管理が必要です。また、コードのライフサイクル管理には、アプリケーション ライフサイクル管理が役立ちます。

サプライヤへのアウトソーシング

電気/電子システムと同様に、組み込みソフトウェアの開発もアウトソーシングして開発プロセスで統合できます。その場合は、コードの量、効率、制御といった要件を管理し、それらをサプライヤに順守させなければなりません。また、この方法を採用したら、サプライヤがモデルベース開発などのプロセスを使用して開発スケジュールの遅延を防ぐ必要があります。さらに、設計変更を管理し、試作とテストですべてが正しく動作することを検証するために、システム エンジニアリングの能力も不可欠です。

要点

制御システムのコード作成は、専門の開発者または制御系エンジニアによって対処できます。一方で、この作業（おそらく制御システム全体）をサプライヤにアウトソーシングすることもひとつの方法です。どちらの場合でも、社内で要件管理、システム設計、テストができる必要があります。

IoTプラットフォームと製品のコネクテッド機能の開発

すべてのコネクテッド製品は、クラウド上または企業のデータセンター内の IoT プラットフォームにデータをストリーミングします。どちらの場合でも、IoT プラットフォームをサポートする新機能の導入が求められます。

人、プロセス、テクノロジーの変革

- **ITとエンジニアリングの交差：**IoTプラットフォームの開発と管理には、その役割の点で独特の難しさがあります。重要なデータを保持するエンタープライズ システムであるIoTプラットフォームでは、増え続けるスマートなコネクテッド製品の接続を維持するための専門知識も必要です。この需要を補うように、ITとエンジニアリングの両方に対応する新たな役割が登場しています。この役割をこなせる人は市場にはまだ多くはいないため、社内で適性のある人材をサポートする必要があります。
- **IoTプラットフォームのデジタル試作：**製品にセンサーを取り付ければ、IoTプラットフォームへのデータ ストリーミングを開始できます。しかし、正しい情報がストリーミングされているでしょうか？そのデータから正しい結論を導き出せるでしょうか？これらの疑問に対する答えが判明するのは製品の試作中か、悪くすれば出荷後であり、それでは不良が生じる可能性が高くなります。代わりに、デジタルシミュレーションを実行してIoTプラットフォームにデータをストリーミングすれば、物理的に確認するよりも早くバーチャルに検証できます。

- **IoTプラットフォームの柔軟性と俊敏性：**多くの企業では、検証作業で適正な結果を確認する前に、製品の実験を開始しなければならないのが現実です。必要な変更に対応するには、迅速かつ容易に変更を適用できるIoTプラットフォームを選択します。柔軟性と俊敏性は、実験段階で確実な成果を得るための要件です。

サプライヤーへのアウトソーシング

製品から IoT プラットフォームにストリーミングされた重要なデータには、現場や顧客の固有情報が含まれます。データのプライバシーや蔓延するハッカー行為に対する懸念の高まりにより、企業のデータ管理・保護対策が非常に重要になっています。

IoT プラットフォームの開発と管理はアウトソーシングが可能です。こうした重要なシステムとデータの管理を第三者に任せただけの場合に起こり得る状況について慎重に検討する必要があります。

要点

製品から収集されるデータは、企業にとって極めて重要性の高い資産となるでしょう。したがって、そのデータの所有権は社内で完全に管理する必要があります。アウトソーシングせずに、適切な管理能力を持つ人材を確保することが何よりも重要です。

統合システムの開発

最終的に、製品内の全要素が一体となって機能する必要があります。コストのかかる試作品を何度も作り直すことなくこれを実現するには、特定のシステム エンジニアリング能力が求められます。

人、プロセス、テクノロジーの変革

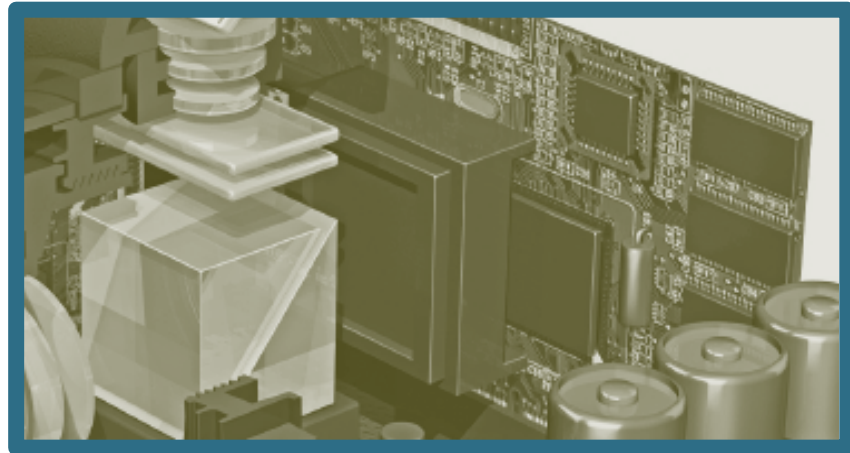
- **システムの視点で見る：**システム エンジニアが得意とするエンジニアリング分野はさまざまです。共通しているのは、特定のプロセスやツールによってサポートされる規律ある開発アプローチです。このポジションに人材を新規に雇用することもできますが、サポート体制が整っていれば、職務に必要な知識とスキルを持つ人材の育成も可能です。
- **RFLP（要求、機能展開、論理展開、物理展開）：**システム エンジニアリングの中心となるのは、RFLPプロセスです。これは、製品の要求とエンジニアリングソリューションの段階的な定義の点から開発のスコープを定義する手法です。ひとつのステップを次のステップに割り当てることで、最初から最後まで完全なトレーサビリティを可能にします。エンジニアは要求または物理要素に起因する変更の可能性を評価して影響を把握する必要があり、この作業をひとつのモデルでサポートするアプローチをモデルベース システム エンジニアリング（MBSE）と呼びます。
- **システム設計ツール：**製品のRFLP項目をすばやく簡単に定義するツールでシステム設計を大幅に効率化できます。このツールに加え、システムのモデリングおよびシミュレーションソリューションを使用すると、設計のパフォーマンス分析も可能になります。どのツールも使う価値がありますが、使用目的は異なります。

サプライヤーへのアウトソーシング

システム設計を第三者にアウトソーシングすることは技術的には可能です。この分野の豊富な専門知識を持つサプライヤーも存在します。しかし、賢明な選択とは言えません。各分野の設計が正しく構成されてシームレスに統合されていることを試作とテストの前に確認するうえで、システム エンジニアリングは主要な役割を果たします。これはスマートなコネクテッド製品を開発するためのコアコンピテンシーであり、第三者に任せるべきではありません。

要点

スマートなコネクテッド製品の開発においてシステム エンジニアリングが果たす役割は極めて重要です。企業がこの能力を高めるには、システム エンジニアの新規雇用または社内の人材のトレーニング、RFLP プロセスの導入、システム設計ツールの実装が必要になります。



まとめと結論

好機でもあり脅威でもある IoT は、多くの企業をスマートなコネクテッド製品の開発に向かわせています。その結果、製品の構成要素が変化し、センサー、アンテナ、回路基板、組み込みソフトウェア、配線ハーネスが搭載されるようになっていきます。

エンジニアリング チームへの新たな要求

ソフトウェアや電気/電子システムを開発して従来型の機械製品に組み込むことは、容易ではありません。エンジニアリング部門は、新しい設計能力を持つ人材を育成するか、開発パートナーとして信頼できるサプライヤを見つける必要があります。新しい役割、新しいプロセス、新しいツールが求められます。

ストリーミング データの活用

スマートなコネクテッド製品を IoT プラットフォームに接続することで、企業はストリーミング データをさまざまな新しい戦略やビジネスモデルに活用できます。

予防メンテナンス アプローチへの移行や「サービスとしての製品」ビジネスモデルの導入が可能になります。ストリーミング データとインターネットで入手可能なデータを組み合わせ、差別化した機能やサービスを提供することもできます。開発初期段階の製品計画では、従来は推測に頼っていましたが、これをストリーミング データに置き換えることも可能です。

いずれのシナリオでも多大な価値を得られますが、スマートなコネクテッド製品の提供では予測不能なビジネスの変化が起こり得るこ

とを認識しておく必要があります。そのような製品の提供には、慎重な計画が不可欠です。

スマートなコネクテッド製品の開発

スマートなコネクテッド製品を開発するエンジニアリング部門には、ソフトウェア、電気/電子システム、IoT の各分野での対応能力が必要です。これには以下が含まれます。

- 各エンジニアリング分野のスキルと知識を持つ人材を新規に雇用するか社内でトレーニングする。
- 新しいプロセスを、分野ごとに採用するか、多岐にわたるエンジニアリング分野を統合するために採用する。
- 設計と検証を自動化する新しいツールやシステムを導入する。

電気/電子システムや組み込みソフトウェアは、サプライヤにアウトソーシングできます。統合システムと IoT プラットフォームについては、対応能力を社内で育成して維持することを推奨します。これらふたつの領域は、開発を効率化するために、そしてプロジェクトの大幅な遅延の原因となる間違いを回避するために非常に重要です。



© 2018 LC-Insights LLC

Chad Jackson は、[Lifecycle Insights](https://lifecycleinsights.com) でアナリスト兼リサーチャーを務めるブロガーです。CAD、CAE、PDM、PLM などのエンジニアリングに使用されるテクノロジーに関するインサイトを提供しています。
chad.jackson@lifecycleinsights.com