

産業用ネットワークインフラ： 将来に向けたビジネスの基盤

新しいテクノロジーによる
パフォーマンス強化の最適化





はじめに

ネットワークインフラは、最も重要でありながら過小評価されているビジネス資産の1つです。ネットワークが失われれば、電話、電子メール、インターネット、ビジネスシステムへのアクセス、製造プロセスの制御や可視性も失われます。多くの企業がコンピュータ、電話、マシンなど、ネットワークに接続されるデバイスに最適なバージョンを提供しようと努めているにも関わらず、このようなデバイスを支えるネットワークインフラについては節減しようとしています。

本書では現在、近い将来、その先の未来の時間軸でネットワーク計画を進めるために不可欠な知識と戦略について論じます。また、設計、実装、運用、保守の各フェーズを支えるリソースと戦略についても触れます。



現在の産業用ネットワーク

今日の産業用ネットワークは、イーサネットプロトコルと、業界のエキスパートが "レガシープロトコル" と称するものが複合されています。レガシープロトコルは、他の「レガシー」と同様、しばらくの間はこれと共存しなければならないので、この言葉を使っています。レガシープロトコルは老朽化し、時間の経過とともにサポートが困難になります。この問題は、従業員の高齢化という大きな流れによってさらに悪化します。レガシープロトコルのサポートスタッフは、その大部分が退職を迎えようとしています。先見性のある会社は、この知識の外部への流出を抑えるための計画を始めています。また、大手のオートメーション製造業者によって支えられているプロフェッショナルなサービス組織と契約してこれを達成しようとする会社もあります。

産業用ネットワークにおけるプロトコルの分布

産業用ネットワークノードの販売数のうち、レガシー産業用プロトコル（フィールドバス）は約4分の1（27%）を占めています。イーサネットの異種がノードの66%を占め、ワイヤレスノードは6%のシェアを占めています。この話で重要なのは、イーサネットとワイヤレスが2桁の増加を見せている一方で、フィールドバスの増加率は1桁の増加と縮退しているという点です（図1）。

フィールドバス: 27% [28]

年間成長率: 4%

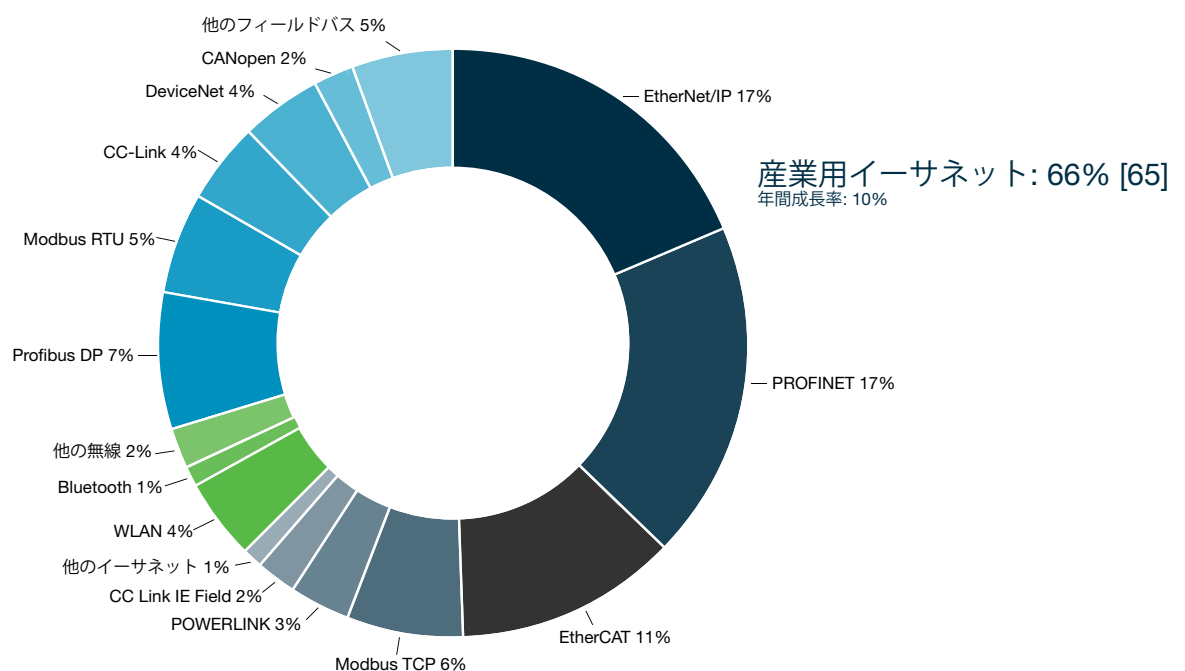


図 1. 産業用ネットワークにおけるプロトコルの分布

ネットワークのリフレッシュレート

産業用ネットワークは、企業用ネットワークと比較して、さらに大きな期待が寄せられています。産業用ネットワークは、ビジネスがピークレベルで動作するために必要なだけでなく、あらゆるビジネスネットワークの中で最も長いリフレッシュレートを持っています。データセンターが 3 年から 5 年で更新されるのに対して、産業用ネットワークの更新は 12 年から 15 年ごととなっています。さらに、基盤となる物理インフラは 20 年以上稼働していることもよくあります。新しいネットワークを設置して稼働させるには大きな資本の支出が伴います。すべてのビジネスにおいて、ROCE (使用総資本利益率) への期待が極めて高くなっています (図 2)。

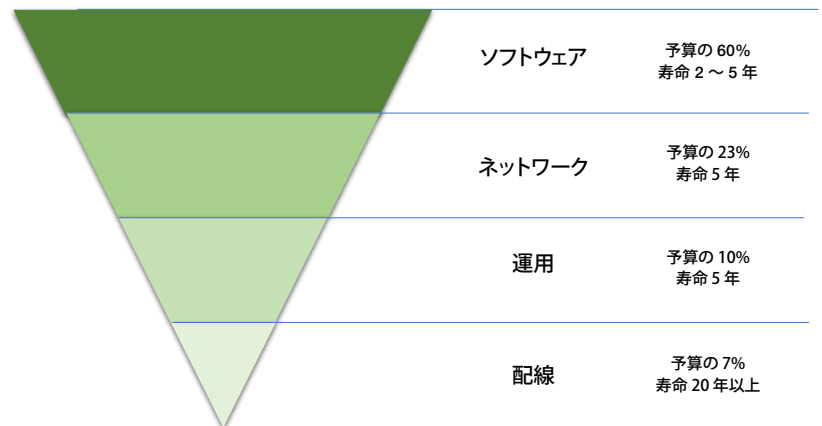


図 2. インフラ投資と稼働期間の対比

産業用ネットワークのリフレッシュレートは、企業が投資パフォーマンスとネットワークパフォーマンスのバランスを取るために、時間と共に加速しています。しかし、計画を効果的に進めるためには、望ましいリフレッシュレートよりも長い時間を想定する必要があります。

ネットワークの計画と管理

他のビジネス資産と同様に、ネットワークを管理する厳密なプロセスによって、時間の経過に伴う効率と可用性が確保されます。他より優れている具体的な方法論は特にありません。現実には、ビジネスネットワークの最適な運用は、管理プロセスと相互に関連する要素を集約した結果としてもたらされます。プロセスを作成するための正当性はシンプルなものです。

- ・ ネットワーク所有の総コストを低減させる
- ・ ビジネスのアジリティを向上させる
- ・ ビジネスがすばやく効率的に対応できるようにする
- ・ 可用性を向上させる

PPDIOO プロセスは、ネットワークのライフサイクル全体にわたる設計と管理の方法論です (図 3)

- 1. 準備:** ビジネスのアジリティは、しっかりした準備によってもたらされます。このフェーズは、ビジネスの競争力を高めるため広いビジョンと要件、テクノロジーについて考慮するために用いられます。
- 2. 計画:** テクノロジーの導入を成功させるには、現状のネットワーク、そのセキュリティに対する姿勢、選択されたソリューションをサポートするためのビジネスの準備状況を正確に評価する必要があります。
- 3. 設計:** 詳細な設計により、リスクを軽減し、遅延を回避し、ネットワーク導入の総コストをコントロールすることができます。
- 4. 実装:** ここでは、ネットワークの可用性やパフォーマンスを損なうことなく、設計フェーズに合わせて、デバイスと新しい機能の統合に取り組みます。
- 5. 運用:** ネットワークをプロアクティブに監視することによって、高い可用性、信頼性、セキュリティを維持しながら、サービス品質を向上させ、切断を減らし、サービス停止を最小限に抑えます。
- 6. 最適化:** クラス最高のビジネスでは、競争上の優位性が常に求められます。そのため、継続的な改善は、あらゆるネットワークのライフサイクルの中心となります。

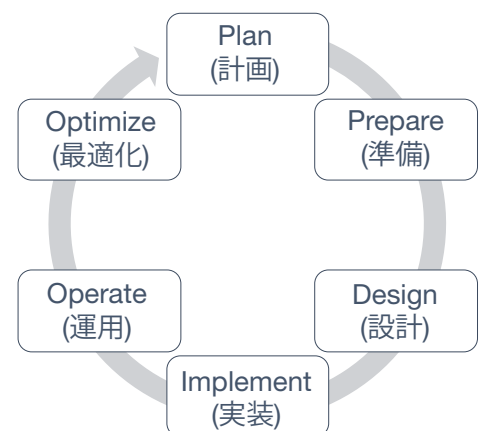


図 3. PPDIOO プロセス

ネットワークドキュメント: ネットワークの最新の包括的なドキュメントは用意されているでしょうか。多くの企業で、必要なドキュメントが用意されていないことがあります。こうしたドキュメントは、すべての企業で絶対に必要なものと考えべきです。ネットワークに問題が生じたとき、ドキュメントと識別が正確であれば、その回復にかかる時間は大幅に短縮されます。こうしたドキュメントを生成する方法は、夏季のインターンのプロジェクトから、プロフェッショナルサービスによるネットワーク評価とドキュメント化まで数多くあります。

ネットワーク評価: プロフェッショナルサービス組織は大手のオートメーション製造業者の支援を受け、配線とネットワークインフラの評価を行います。そのほとんどが、目立たないようにネットワークを "這いまわる" ソフトウェアを使用し、ネットワークのフットプリントを見つけ出して可視化します (表 1)。

表 1. ネットワーク設計の評価基準

設計の考慮事項	評価基準	設計への影響
接続	デバイス、マシンなどの数	経路の容量、スイッチポートの数、ケーブル敷設の数、および成長係数
環境	MICE テーブル (TIA-1005-A)	環境の影響からの保護と分離、伝送メディアの選択
帯域幅	現在のネットワーク使用率と将来の推定負荷	伝送メディア、ネットワークスイッチのスペック、設置の実施
ケーブルの到達距離	必要なケーブル長	伝送メディア、ネットワークスイッチのスペック
安全性	高電圧、熱、化学物質など 近くの危険物	デバイスへのアクセス、O&M 作業者の保護
セキュリティ	脅威レベル、隔離の必要性、偶発的な脅威と意図的な脅威	ポートの保護、エンクロージャーのアクセス制御、メディアのセキュリティ強化
寿命	期待される稼働年数	インフラのセキュリティ強化、ビジネスの成長

レガシープロトコル: 評価プロセスの間、フィールドバスなどのレガシープロトコルには注意が必要です。レガシープロトコルがある場合は、それを最新のテクノロジーに移行することを最優先しなければなりません。レガシープロトコルは、老朽化に応じてネットワークから排除します。これは、たとえパフォーマンスが適切であったとしても、サポートが困難かつ費用がかかるようになるためです。その置き換えが "完全な置き換え" という提案となることは稀です。

ネットワークの寿命: 既存のネットワークと物理インフラの設置年数を考慮しましょう。使用中のコンポーネント、ネットワークスイッチ、サーバー、プログラム可能なコントローラー、ドライバー、その他のエンドデバイスで、メーカーからの "販売終了" や "サポート終了" が近づいているものはあるでしょうか。使用中のコンポーネントで老朽化が進んだものは、一定期間後にサポートコストが指数関数的に膨らむことがあります。製造ラインを維持するために、摩耗した交換部品を必死で探すような事態になる前に引退させる必要があります。

伝送メディアの設置年数と状態を評価します。ワイヤの速度も考慮します。Cat5e は 10 Mb/s や 100 Mb/s のトラフィックには適していますが、長い目でみると不十分です。接続とケーブルに注意します。一般的に、被覆素材は熱可塑性で、時間の経過とともに老朽化します。紫外線、極端な温度、化学物質にさらされるなどの過酷な環境条件ではなおさらです。このような暴露は、コネクタの金属の部分の老朽化にも影響します。ケーブルの経路に沿って、鋭角な曲がりや、ケーブルの詰まりや変形がある場所を探します。マルチペア銅線のイーサネットメディアでは、こうした物理的な変形がケーブル内部のペアに変位を生じ、パフォーマンスを損ねることがあります。光ケーブルメディアでは、物理的な変形から微小破壊が生じ、信号の流れが減衰したり、深刻な場合には遮断されたりします。

ケーブルで接続されたインフラ

ネットワークの拡大に伴い、ケーブルで接続されたインフラも進化させなければなりません。産業用ネットワークには、2つの配線トポロジが使用されます。ポイントツーポイントと、構造化された配線です。古い産業用ネットワークではポイントツーポイント構造化配線トポロジを採用しています。これは、接続されたそれぞれの資産に、コントロールルームやデータセンターのホームへ向かうランケーブルがある形です。このソリューションが選択されたのは、接続ポイントが脆弱なため、信頼性の問題が起こるとエンジニアが判断していたためです。接続が多くなれば、それだけリスクも高まります。ごく初期のイーサネットコネクタでは、この結論にある程度の根拠があったかもしれません。現在では、コネクタとメディアの設計も、製造プロセスもはるかに堅牢になっています。そのため、近年のネットワークでは、こうした論議にもはや意味はありません。また、構造化配線トポロジによって得られるネットワークの回復力は、ポイントツーポイントの信頼性の議論をはるかに上回ります。

企業ネットワークは、かつてはポイントツーポイント配線でした。これが構造化配線に変わるのに時間はかかりませんでした。理由はいくつかありますが、主なものは次のとおりです。

- ・ 構造化配線によって、移動、追加、変更 (MACs) に対応するための必要な柔軟性がもたらされる
- ・ 構造化配線では、新しいケーブルの引き込みや、それに伴うビジネス活動の中断なしに、ネットワークトポロジと構成をビジネスのニーズに適合させることができる
- ・ 構造化配線トポロジはネットワークの信頼性を強化し、障害からの回復速度が速い

産業用ネットワークはこのような進化の途上にあります。それは、構造化配線ネットワークの価値提案が非常に強力であるためです。ダウンタイムの排除は、産業用ネットワークでの構造化配線トポロジの最も重要な論点です。産業用ネットワークのダウンタイムは、簡単に生産ロスとして貨幣換算されます。そのため、ビジネスではこのトポロジの採用が簡単に正当化されます。

構造化配線によって、インフラ関連の障害に迅速に対応するためのパッチ作業や、それでは対応できない場合のネットワークトラフィックのリダイレクトが可能になります。これにより、水平配線でのエラーに起因する障害に対して、別の水平リンクへのパッチ作業で即座に対応できます。障害が解決したら、技術者はエラーが発生した水平リンクに迅速に診断機器を取り付けることができます。このリンクによって、ネットワーク運用の中断を最小限に抑えながら通常のサービスに戻すことができます。表 2 では、企業ネットワークと産業用ネットワークの機能面を比較します。

表 2. 機能比較、企業ネットワークと産業用ネットワーク

パラメーター	オフィス/企業	プラント/産業
接続されるデバイス	80% クライアント 20% サーバー	20% クライアント 80% サーバー
トラフィック	データセンターと送受信される、 頻度の低い大きなメッセージ	ネットワーク化された デバイス間でやり取りされる、 頻繁で数の多い、小さいメッセージ
サービスアクセス	多くのデバイスが、 通常の営業時間中に アクセス可能なエリアで使われる	システムは 24 時間年中無休で プラント全体に散らばって 稼働しており、 危険な場所にあるものもある
ダウンタイム	ほとんどの場合、歓迎されない。 クライアントの問題は、 解決に最大 1 日かかる	直接的な結果は逸失利益。 ダウンタイムは排除する必要がある

構造化配線の設置

構造化配線を設置する際、新たな設置から最大の実現可能性を得るために、心がけておくべきガイドラインがいくつかあります。

- ・ スペアを含め、設置されるそれぞれのリンクにネットワークアナライザーを接続するよう、ケーブルの設置者に要求する
- ・ 測定されたリンクのパフォーマンスが作業完了時の成果物の 1 つになる。こうすることで、リンクが単なる電氣的導通ではなく、想定される送受信のパフォーマンスを確実に発揮できる
- ・ さらに、将来リンクに障害が発生したとき、ベースラインパフォーマンスのデータをファイルできる
- ・ プレミアムなケーブルの製造者は認定された施工業者を使用し、製品を厳格に使用することと引き換えに、拡大保証を提供している



ネットワーク管理ソフトウェア

今日のネットワークに関する議論でもう 1 つの重要なトピックが、3 文字の略語、NMS です。NMS は Network Management Software の略です。これは、産業用ネットワーク向けとしては新しく登場したソフトウェアのカテゴリーです。その名前が示すとおり、ネットワークの管理に使用する専用のソフトウェアです。企業向けの NMS ソリューションは、それより少し前からすでにあります。これらのツールは、産業用ネットワークの固有の特質からこの作業には適していません。このカテゴリーのソフトウェアを選択する際は、検討している NMS が産業用ネットワークの専用のものであることを確認してください。

この種のソフトウェアに対するニーズは、ビジネスネットワークの増大する高度化と複雑さから起こってきたものです。接続されているもの、その健全性とネットワークに対する負荷、デバイスの構成ミス、故障しそうなデバイスや接続をすばやく確認する能力は、最小限のダウンタイムでの効率的な運用には重要な要素です。

産業用ネットワークには 2 つの主な NMS ユースケースがあります。

- このビジネスに取り組んでいるコンサルタントやシステムインテグレーターが、自身のコンピューターにある NMS ソフトウェアを使用してネットワークを調査し、可視化する。この用途では、コンサルタントがビジネスの代理として請け負うサービスアクティビティを想定して、現状のネットワークを評価してドキュメント化する。
- NMS ソリューションがネットワーク (通常は DMZ にあるサーバー上) に永続的にインストールされており、産業用ネットワーク全体が可視化され、監視されている。この用途では、ネットワークの動的な性質を認識し、問題を検出する番犬として機能する。ネットワークを可視化することによって、NMS ソリューションに依存している、経験レベルの異なる作業員間で現状に対する共通の理解が得られる。必要な場合には、安全なリモートアクセスのためのポータルが提供される。

1 番目のユースケースでは、ネットワークの保守のニーズに焦点を当てています。エキスパートが NMS ツールを使用してネットワークを検出し、可視化します。このステップでは、ネットワークのベースラインドキュメントパッケージが生成されます。通常、ビジネスではそのためのエキスパートを採用し、ネットワークのアップグレードや拡張などのメンテナンスを行います。これを実行することの副次的なメリットとして、ネットワークの最新のドキュメント化が行われます。エキスパートの NMS パッケージがネットワークに接続されていれば、パフォーマンスと健全性のメトリックを確認できるので、エキスパートはこれを活用し、修正を要する欠陥を指摘します。ただし、NMS は長期間ネットワークに接続されたままにされないため、これらの値は "スナップショット" です。

2 番目のユースケースは、ネットワークのライフサイクルでもさらに大きい部分に対応します。このユースケースでは、NMS ソリューションはネットワーク内 (通常は DMZ または製造ゾーンにあるサーバー上) にあります。NMS ソフトウェアはネットワーク内にあることでダッシュボードとして動作し、ネットワークユーザーがネットワークの健全性とパフォーマンスを確認できます。また、今日ではネットワーク上で作業する作業員が増えており、その作業員のネットワークの知識レベルもさまざまです。ネットワークに関する問題があって生産速度が低下した場合、このような作業員も、それを突き止めるための情報をネットワークから得る必要があります。生産計画の担当者であれば、その情報を活用して適切な判断を下すことができますが、その情報にアクセスするために必要なスキルを持っているとは限りません。

ネットワーク内に存在する NMS ソフトウェアなら、トラフィックと帯域幅を追跡し、ネットワークに対する将来の改善を提案できます。そしてもちろん、ネットワーク内のデバイスと接続の最新のビューが生成され、維持されているため、本書で前述した正確なドキュメント化のジレンマを解決しています。最後に、クラス最高の NMS パッケージでは、ネットワークへの安全なリモートアクセスが提供されるため出張に伴う時間やコストをかけずにエキスパートの助力を得ることができます。さらに、NMS ソフトウェアが既に存在していることによって、診断やネットワーク管理を外部のエキスパートに任せなくて済むようになります。

リファレンスアーキテクチャ

リファレンスアーキテクチャは、ビジネスネットワークの現在と将来の状態にとって重要な資産です。リファレンスアーキテクチャによって、標準化されたネットワーク技術の展開を合理化し、製造ネットワークとビジネスネットワークが合理化されます。つまり、リファレンスアーキテクチャでは、堅牢で信頼できるネットワークを設計、展開、運用するための信頼性と、必要なバックグラウンドが得られます。

リファレンスアーキテクチャは、OT (制御エンジニア、製造 IT など) と企業 IT スタッフのコラボレーションを強化するための価値ある共通基盤を提供します。この共通基盤は障壁を取り除き、ビジネス目標の達成に向けて共同チームを加速させるものです。歴史的に、IT の領域と OT の領域との間には、産業用ネットワーク (特にレガシープロトコル) の特有であいまいな性質に起因する、ある種の不調和がありました。

産業用ネットワークのリファレンスアーキテクチャの領域では、Converged Plantwide Ethernet (CPwE) リファレンスアーキテクチャが頂点にあります。CPwE とは、ユースケース駆動型で厳しいテストと検証に裏打ちされた産業向けのリファレンスアーキテクチャを集めたものです。選択されたユースケースは重要なビジネスニーズを代表しており、お客様の調査によるさまざまな声から集められました。

リファレンスアーキテクチャは "Converged Plant wide Ethernet Design and Implementation Guide"¹ というタイトルで公開されたドキュメントに記されています。このドキュメントの内容は動的なものであり、VoC 調査に基づいて新しいアーキテクチャの取り込みが提案されています。すべてのネットワークが公開前に集められ、委託され、テストされています。それぞれのアーキテクチャについて、検証とパフォーマンスデータが公開されており、ハードウェアのリスト、使用されたファームウェアのバージョン、テストセットアップに含まれているソフトウェアも掲載されています。CPwE は常に最新に保たれています。新しいデバイスが使用可能になり、古いデバイスが販売終了/サポート終了となるのに合わせて、コアリファレンスアーキテクチャ (回復性など) が新たなテスト/検証と公開済みのパフォーマンスデータによって更新されます。

きわめて特殊なニーズに応じたアーキテクチャを作るためのたたき台として、CPwE アーキテクチャを使用するビジネスもあります。それでも、CPwE を基礎としているため、そのアーキテクチャは強固な基盤の上に構築されているといえるでしょう。

ネットワークの構成単位

注目を集めているもう 1 つのプラクティスが、あらかじめ入力され、構成されているネットワークエンクロージャーです。このソリューションによって、企業は時間を無駄に費やしたり、エンクロージャーの仕様に費用をかけたりのことなく、迅速に配備または拡張することができます。これらのソリューションの要素は、Converged Plant wide Ethernet の 3 層の機能 (アクセス層、ディストリビューション層、コア層) に従っており、それぞれのネットワーク層には適切なソリューションが使用されます。

エンクロージャーの設計は電気的および熱的な検証が完了しているため、設置中や試運転中のリスクが排除されます。エンクロージャー内のアクティブなコンポーネントの配置は、機能、熱パフォーマンス、保守性の面で最適化されています。

ネットワークの構成要素は検証済みの設計に沿って構築されているため、これらを使用すれば、企業はその使用を通じてサポート力を高め、それぞれのエンクロージャーの仕様が "わずかに少し異なる" という、"スノーフレーク" シナリオを回避できます。この要素はローカルな配備でも重要ですが、グローバルなフットプリントにまたがる複数の場所を考慮している場合は不可欠です。





作業教育

ビジネスでは他のビジネス投資と同様、人員に対する投資が必要です。IT スタッフと OT スタッフの間に生産的なコラボレーションを生み出すことは、ビジネスに大きなメリットをもたらします。イーサネットの使用があらゆる場所にさらに広がり、このコラボレーションが発揮される舞台が整ってきました。取り組みを加速させるためには、作業教育に投資が必要です。

イーサネットベースの企業アプリケーションについては、業界のエキスパートが IT スタッフのトレーニングと認定を長期にわたって提供してきましたが、同様の領域で産業向けのスタッフを支援するトレーニング素材は、控えめに言ってもごくわずかでした。

産業向けのスタッフを対象とする特筆すべき 2 つのトレーニングとしては、Cisco が提供する Cisco Certified Network Associate (CCNA) industrial certification と、Cisco、パンドウイト、Rockwell Automation の三社連合が提供する Industrial IP Advantage (IIPA) Training があります。

Cisco Certified Network Associate Industrial (CCNA Industrial) 認定は、プラント管理者、制御システムエンジニア、および、製造業、プロセス制御、石油ガス産業で働く従来のネットワークエンジニアを対象としており、これらの人々は IT と産業用ネットワークの統合に関わります。この認定は、今日の接続されたネットワークに求められるベストプラクティスを活用して、最も一般的な産業用の標準プロトコルを問題なく実装し、トラブルシューティングするスキルを、その受講者に提供します。CCNA Industrial へのゲートウェイとしては前提条件の認定、つまり Industrial Networking Specialist、CCNET、CCNA Routing and Switching または任意の有効な CCIE 認定があります。

Industrial IP Advantage が提供するトレーニングはオンラインのため、自分のペースで進めることができます。このトレーニングは制御エンジニア、IT プロフェッショナル、システムインテグレーター、マシンビルダーを対象としています。この複数のパートから成る eLearning プログラムは、実用的なガイダンスを、IP アドレス付与、ネットワークポロジ、スイッチとルーティングのインフラストラクチャ、物理的な配線と無線、仮想化とクラウドテクノロジー、セキュリティ施策などに関するリファレンスアーキテクチャと組み合わせたものです。



ネットワークの計画 ≤ 2 年

ネットワークは時代と共に進化し続けています。ビジネスネットワークの進化のパスを描くには、将来のトレンドと可能性についての考察が必要です。このセクションでは、重要なテクノロジーの識別と検討を通じて考察を行います。これらのテクノロジーの時間軸は今後 2 年間で

Power over Ethernet

Power over Ethernet (PoE) は、Voice over IP (VoIP) テレフォニーを可能にするために作られた、イーサネットと互換性のあるテクノロジーです。公称電圧 48 VDC の DC 電力が、イーサネットケーブル内の 1 つ以上のペア上で送信された信号を伝送します。PoE 電源供給を受けるデバイス (PD) は、電源 (PSE など。通常はネットワークスイッチ) とのネゴシエーションを行い、適切な電源の供給を確保します。ビジネスでネットワーク供給電源のポテンシャルが認識されるのはそう遠くないでしょう。現在、PoE は IP カメラ、無線アクセスポイント、バッジリーダー、アクセスゲートウェイ、オフィス照明に電力を供給しています (図 4)。

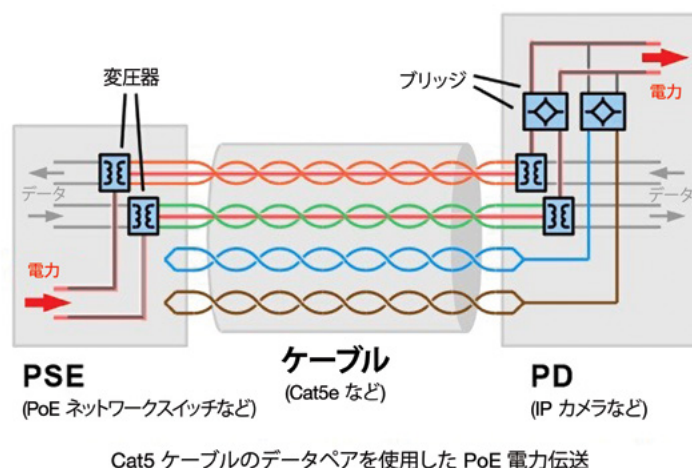


図 4. PoE の一般的なレイアウト

現在、産業用ネットワークの PoE は、企業のネットワークで PoE が果たしているものと似たタスクをこなしています。このタスクには、ショップのフロアの電話、無線アクセスポイント、IP カメラへの給電が含まれます。PoE には、標準化コミュニティの機能拡大に伴う展望があります。

表 3. Power over Ethernet の電力レベル

プロパティ	PoE IEEE 802.3af	PoE+ IEEE 802.3at	4PPoE IEEE 802.3bt	PoE++ IEEE 802.3bt
PSE パワー	15.4 W	30.0 W	60 W	100 W
PD パワー	12.95 W	25.5 W	51 W	71 W
電力管理	電力クラスレベル。初回の接続時にネゴシエーション、または 0.1W ステップで継続的にネゴシエーション			

2018 年初頭に公開された IEEE 802.3bt の出現により、相当な電力量がイーサネット接続からデバイスに供給できるようになるため、PoE は産業用ネットワークの将来にとって重要なテクノロジーとなりました。イーサネットケーブルの終端で 71 W を利用できるため、デバイスメーカーの創造性が高められます。この "one wire ideal" によって、デバイスの電力と通信が単一の接続で可能になり、デバイスのライフサイクルのすべてのフェーズがシンプルになります。これによって、PoE は制御システムの DC 電力インフラに変化をもたらします。

レガシープロトコルでは、デバイスへの通信はシリアルで、データレートは高くありません。接続によって電力がデバイスに供給されることはありません。したがって、電力要件を満たすには、デバイスの近くにローカルな DC 電力供給が必要です。DC 電源供給の背後には、多数の AC コンポーネント (変圧器、接続線、回路保護など) があり、マシンのコンセント電源を DC 電源供給に使用できる入力に変換しています。このようなサポートインフラをなくすことができれば、制御システムの DC 電力インフラはシンプルなものになり、コストを下げられます。

PoE では、デバイスの起動時にネゴシエーションを行い、適切な電源レベルが供給されるかどうかを判断します。設置が標準規格に準拠していれば、それぞれの回路の事前構成は不要です。さらに、デバイスの電源がその上にあるスイッチの PoE 対応のポートで制御されるため、デバイスの電源の切り替えをネットワークスイッチコマンドで行うことができ、サービス手順がシンプルになります。

PoE は、新規のネットワーク設置では、カメラや無線アクセスポートなどのデバイスに必要な電源の供給をシンプルにする点で非常に優れています。DC 電力インフラに対する変革の効果については、実現性は高いものの、実用にはまだ時間がかかると思われます。

シングルペアイーサネット

シングルペアイーサネット (SPE) の規格策定作業が IEEE 802.3 で進行中です。短距離 (伝送速度 1 Gb/s で 15 ~ 40 m) から超長距離 (伝送速度 10 Mb/s で最大 1 km) までシールドツイストペアケーブルを使用した多くの異種が提案されています。産業用ネットワークの用途として注目すべきは IEEE 802.3cg の、1 km、10 Mb/s です。SPE の異種はすべて、PoE のような、Power over Data Line (PoDL)、IEEE P802.3bu と呼ばれる電力供給の方法論を考慮しています。

シングルペアイーサネットは "Ethernet-to-the-edge" を推進するものであり、レガシープロトコルの移行プランの重要な一部を占めています。802.3cg では、その 10 Mb/s の伝送速度が、エンドデバイスやセンサーのデータレートにとって十分な帯域幅を提供します。産業用ネットワークにとっては次の利点があります。

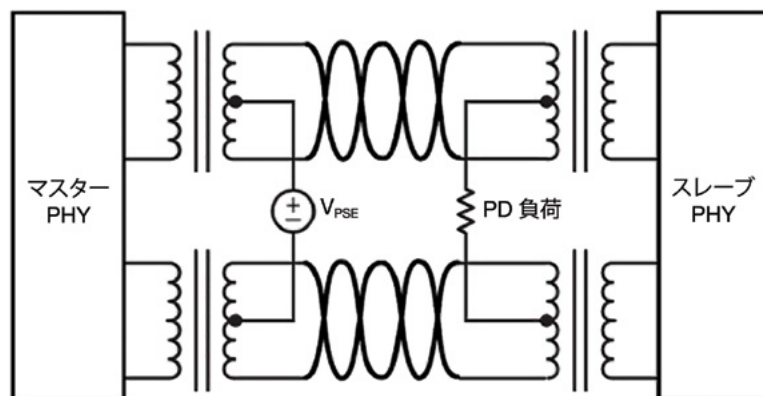
- 最大 1km の距離目標は、フットプリントの大きいプラント (石油やガス、石油化学など) に最適である。
- イーサネット接続経由の電力供給は、デバイスの電力と通信を単一の接続によって可能にするもので、前述の "one wire ideal" を実現する。
 - 電力供給の面を考慮すると、エンドデバイスの電力インフラは SPE によって大きくシンプル化されると考えられる
- SPE は変更されていない標準のイーサネットであるため、EtherNet/IP や ProfiNet などの特別なイーサネット形式でも問題なくサポートできる
- エッジデバイスのアプリケーションでは、4 ペアメディアに対して、SPE がコスト面で有利になることがある。これは、ケーブルの構造が単純であること、スイッチおよびエンドデバイスで SPE に使用されるシリコンと磁気は、4 ペアイーサネットと比べ、はるかにシンプルであることが一因である
- 1 km の到達目標を達成するためには、SPE の導体径を 18 AWG 以上にする必要がある。このケーブル構造の隠れた利点は、4 ペアケーブルよりも高い電流レベルを乗せられることであり、LED 照明の設置の効果を高められる
- SPE メディアは現場で簡単に成端できる。この点から、成端済みコードセットの在庫を削減でき、スラック管理の問題に対応できる

SPE 規格で "主力" となっているのは IEEE P802.3cg です。この規格は現在タスクフォースの段階にあり、2019 年初頭に完了が見込まれています。

シングルペアイーサネットは、イーサネットを産業用ネットワークの隅々まで届けることで、注目されるようになると思われます。デバイスメーカーとネットワークスイッチメーカーは、この未来のコンセプトを実現する IEEE 標準に注目し、貢献しています。

Power over Data Line

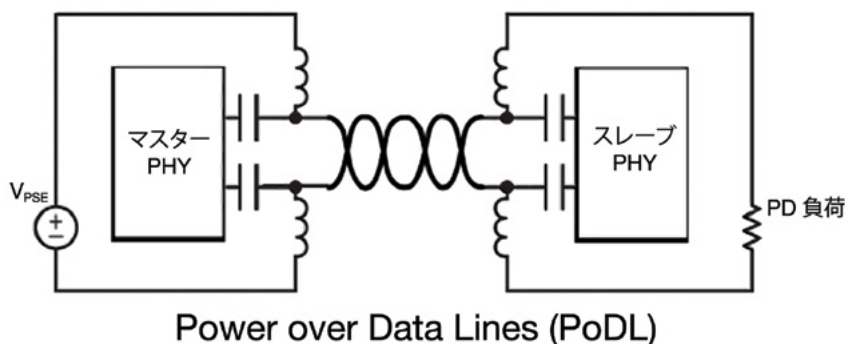
Power over Data Line (PoDL) は IEEE 標準 802.3bu で管理されています。この短縮形 PoDL は、会話ではしばしば "ブードル" と発音され、PoE の必要な適合を表しています。"SPE 上で PoE を使用できないのはなぜか？" という質問が上がるのは当然です。その理由は、PoE では動作に少なくとも 2 ペアが必要であるためです。これは、ペアのセンタータップ間に電気的な接続があるためです (図 5)。



Power over Ethernet (PoE)

図 5. PoE の回路の例

SPE には 1 ペアしかないため、上記の PoE 回路は動作しません。ただし、ローパス/ハイパス帯域分離フィルターネットワークは SPE で動作します (図 6)。



Power over Data Lines (PoDL)

図 6. PoDL の回路の例

PoDL Class 8 および Class 9 を使用すると、PD 電力は 100 m でそれぞれ 30 W と 50 W になります。802.3cg で見込まれている 1000 m のリンクで想定される高いループ抵抗に対応するには、新しいクラスが必要とされています。

PoDL と SPE は、注目すべき技術として、またレガシープロトコルの移行計画に含めるべき技術として、密接に関連しています。

ワイヤレスセンサーネットワーク

ワイヤレスセンサーネットワークは、意思決定のスピードと質を向上させるソリューションを求めているビジネスの中で知名度を上げています。ワイヤレスネットワークは簡単に実装ができ、次のような目標を達成するための追加的な知識をすばやく利用できます。

速度と信頼性の面では、まだ有線接続と同様とはいきません。重要な制御の接続について、しばらくの間は有線のままでしょう。しかし、ワイヤレス接続は、分析作業を推進するための追加データの収集や、既存のプロセスの新しい側面の研究などを、迅速かつコスト効率に優れた手段で行うことができます。

ワイヤレスセンサーネットワークには考慮に値する点が多数ありますが、その中でも産業用として注目されているのが、次の 2 つです。

- ・ ワイヤレスメッシュ
- ・ LPWAN

ワイヤレスセンサーアプリケーションに使用されるワイヤレスメッシュネットワーク (図 7) の多くは、IEEE 802.15.4 に基づいています。これは、低速ワイヤレスパーソナルエリアネットワーク (LR-WPAN) の運用を定めた技術規格です。ワイヤレスメッシュネットワークには、産業用のデータ収集には最適な選択肢となるユニークな機能、自己修復性があります。ワイヤレスセンシングノードのセンサーゲートウェイとの直接通信がブロックされた場合に、近接ノードに "ホップ" して、ゲートウェイに戻ります。物流機器や大型の金属構造物が常時動いているような環境を想定すると、この機能は産業用の用途に大変優れています。たとえば、1 日のうちある時点でフォークリフトのマストが伝送をブロックするなど、可能性としては当然考えられます。

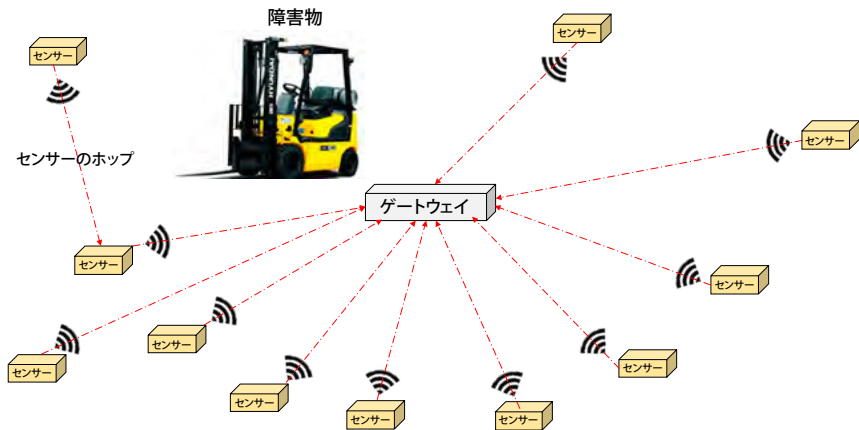


図 7. ワイヤレスメッシュネットワークの例

Low Power Wide Area Network (LPWAN) も、産業用としては注目すべき技術です。LPWAN プロトコルは、産業用の環境での使用に適しています。これらのネットワークは公称 900 MHz、金属のきわめて多い環境でよく動作する周波数レンジです。

LoRaWAN は、地域、国、またはグローバルネットワークでのバッテリー駆動のワイヤレスノード向けのものです。低データレート、低コストで長バッテリー寿命を必要としながら、セキュリティで保護された双方向通信、位置情報、モビリティサービスなどの不可欠な機能を配信する、Internet of Things (IoT) に求められる重要な要件に向けたものです。ヨーロッパでは LoRaWAN は 868 MHz 帯域で動作します。北米の LoRaWAN 施設では 915 MHz 帯域を使用しています。

LoRaWAN を使用するエンドデバイスは、3 つのデバイスクラスから選択できるため、最適化ニーズによってさまざまなデバイスの動作が可能になります。

- ・ Class A – バッテリー駆動のノード
 - Class A 動作では、通信を最適化してノードのバッテリーパワーを節約します
- ・ Class B – 低遅延が必要
 - Class B デバイスでは、スケジュールされた時間に追加の受信ウィンドウを開き、通信を最適化しますが、バッテリー寿命はやや短くなります
- ・ Class C – 遅延なし
 - Class C デバイスでは、ほぼ継続的に受信ウィンドウを開いており、遅延を実用上最小に抑えることができるデバイスです

詳細については www.LoRa-Alliance.org を参照してください。

LoRaWAN は、産業用の環境でワイヤレスセンシングネットワークとして優れた性能を発揮し、すでに多くの IoT アプリケーションで採用されつつあります。将来のネットワーク計画に含めるべき、注目のワイヤレスネットワークです。

ネットワークの計画 > 2 年

産業用ネットワークの進化には、優れた IT/OT コラボレーションが大きく影響しています。この 2 つの非常に有能なグループが協調して、ビジネスの成果を向上させるために活動することで、先進的な IT の慣行が産業用ネットワークに導入されることになります。それが、Time Sensitive Networking (TSN) と Software Defined Networks (SDN) です。

Time Sensitive Networking

TSN はオートメーションエキスパートから多くの注目を集めています。その理由の 1 つが、増大する Industrial Internet of Things (IIoT) への関心です。IIoT センサーネットワークで収集されたデータには、本来は時間的な制約を受けないものもあります。しかし、中にはミッションクリティカルかつタイムセンシティブで、遅延と信頼性に関する厳密な要件に合わせて共有されなければならないものもあります。さらに、相関性と解析性を高めるために、正確な時間軸のコンテキストを追加することで、すべてのデータが豊かになります。そのため、TSN は、IIoT アプリケーションの制御ループ内とループ外の両方で重要な技術となっています。

TSN が産業用ネットワークに適用される 4 つの重要な利点があります。

- ・ **帯域幅:** 産業用ネットワークで使用されているマシンビジョン、3D スキャンとパワー解析アプリケーションからは膨大なデータが生み出され、これが使用可能な帯域幅を圧迫する可能性があります。現在、産業用の制御に使用されている Propriety Ethernet 派生の産業用ネットワークでは、100 Mb の帯域幅と半二重通信に制限されています。TSN は、標準的なイーサネットを全二重でサポートし、1 Gb、10 Gb、さらには 802.3z で 400 Gb まで計画されている高帯域幅のオプションも提供しています。
- ・ **セキュリティ:** TSN には最上位のイーサネットセキュリティ対策が含まれていますが、セグメンテーション、パフォーマンス保護、一時的な構成可能性により、セキュリティフレームワークに複数のレベルの防御が追加されます。
- ・ **相互運用性:** TSN は、標準のイーサネットコンポーネントを使用して、既存のアプリケーションと標準 IT トラフィックを統合します。TSN は、HTTP インターフェイスや web サービスなど、多くの既存のイーサネット機能を継承しています。これらの機能により、IIoT システムでは一般的なりモート診断、リモート可視化、修理機能などが可能になります。
- ・ **遅延と同期:** TSN は、高速のレスポンスと閉ループ制御アプリケーションを提供するために、低遅延通信を優先しています。数十マイクロ秒単位の決定論的転送時間と、数十ナノ秒単位までのノード間の時間同期を達成できます。TSN は、ロスレスパスの冗長性を提供するため、パケットが複製され、マージされる、高信頼性データパスのための構成を自動化します。これによって TSN は、タイムセンシティブで信頼できるトラフィックの配信を確実に行います。

TSN は、重要なトラフィックをタイムリーかつ信頼できる形で確実に受信するためのツールをネットワーク設計者に提供します。また、さほど重要でないトラフィックをネットワーク上でまとめ、"ベストエフォート" トラフィックとして移動できるよう、輻輳を解消します。この区別は、大部分のトラフィックがベストエフォートである場合には重要です。重要なメッセージストリームのみへのトラフィックの制限とワイヤー速度により、ネットワークが正常に稼働します。

TSN については、着目すべきグループが 2 つあります。それは次のものです。

- IEEE 802.1 Time Sensitive Networking Task Group、www.ieee802.org
- AVnu Alliance、www.avnu.org

IEEE 802 は、さまざまな領域のエキスパートを 802.1 の下に集結させ、比類ない一連の TSN 仕様を作成しました。このグループは、オーディオ/ビジュアル、自動車、産業オートメーション、消費者領域からのアプリケーションのニーズを主導し、これらの仕様を策定しました。

AVnu Alliance は、ソリューションの認定を通じ、相互運用可能なエコシステムの作成に焦点を当てています。メンバー会社としては National Instruments、Broadcom、Cisco、Intel などがありますが、これはごく一部です。AVnu Alliance のウェブサイトでは、企業がこれらの強力なコンセプトを理解し、取り入れるために最適なリソースを提供しています。

ソフトウェア定義ネットワーク

ソフトウェア定義ネットワーク (SDN) は、ネットワーク管理者が、下位レベルの機能の抽象化によってネットワークサービスを管理できるようにする、コンピューターのネットワークに対するアプローチです。

産業用ネットワークの現状を図 8 に示します。図の下の方にあるのは、製造業の領域で必要とされているソリューションです。ロボティクス/溶接室ソリューション、コンベヤソリューション、エラー防止ソリューションです。これらのソリューションには、機能するオートメーションと、産業用ネットワークへの接続が必要です。図の上部は、それぞれのソリューションについて機能的なニーズを設計し、仕様を作成するエキスパートのグループです。制御エンジニア (OT スタッフ) は、その設計や機能ニーズをオートメーションシステムや産業用ネットワークソリューションに変換します。このようなスタッフは不足していることが多いため、企業はタイムリーな実施のために、サードパーティのエキスパートと契約することがあります。

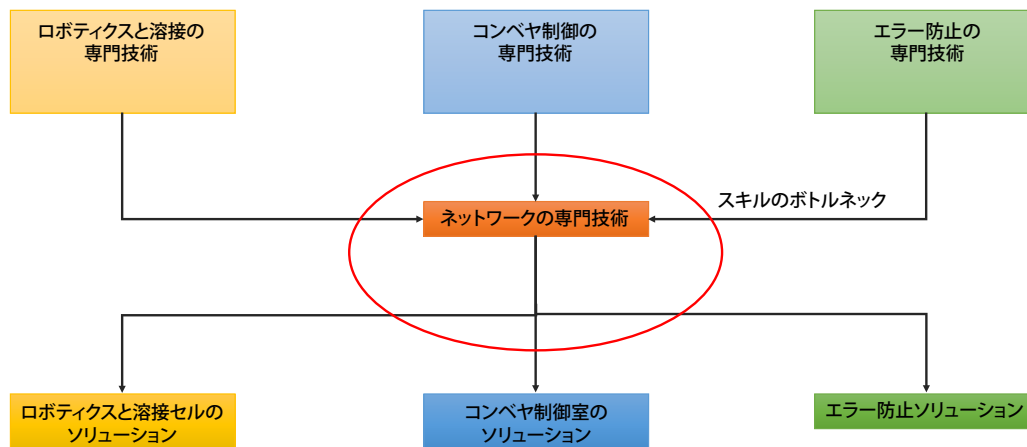


図 8. 従来型のプロセス/ネットワーク設計フロー

ネットワークとオートメーションの設置後は、これを運用し、管理し、保守しなければなりません。Gartner では、ブログ投稿でこれらの機能の重要性を具体的かつ冷静に述べています。"... ミッションクリティカルなサービスに影響を与える計画外の停止は、その 80% が人的問題とプロセスの問題に起因しており、その停止のうち 50% 以上が、変更/構成/リリース統合とハンドオフの問題によって引き起こされている。"²

従来型のネットワーク設計と保守のプラクティスが、この問題を助長している可能性があり、膨大な時間と計画が費やされています。それぞれのソリューションについて、プロセスとネットワークの両方の面で、専門領域のエキスパートが必要です。各ネットワークノードについて、手動で独自の構成を作成する必要があります。さらに、差し迫ったスケジュールとビジネスの優先順位のために、変更管理とレコードキーピングが欠落することがあります。

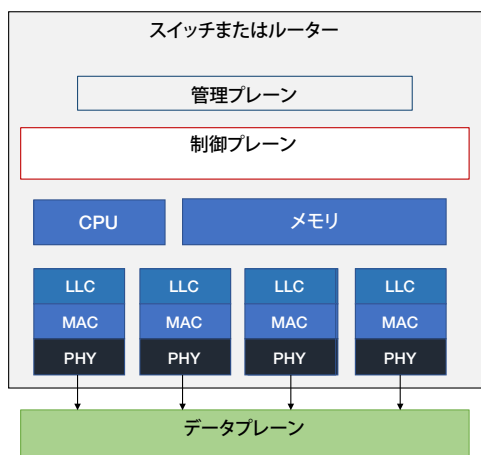


図 9 に、デバイス管理を図で表します。あらゆる場面で実際にラップトップをローカルで接続するわけではありませんが、従来、エンジニアは、ネットワーク全体の構成が完了するまで、デバイス 1 台 1 台にアドレスを振って構成していました。これは非常に時間がかかるだけでなく、作業の手間もかかり、間違いが起りやすい方法です。

"大量の構成のために大量の入力が必要"



図 9. 従来型のデバイス管理

図 10 に示しているのは、SDN を使用したデバイス管理を単純化した図です。ネットワークスイッチや他のネットワークデバイスが、その制御プレーンを抽象化しています。制御プレーンの機能は SDN コントローラーというデバイスに移され、これが下位のデバイスに対する制御プレーンの命令セットを提供します。SDN コントローラーには管理プレーンの機能も含まれています。したがって、一元管理された場所から、集中型のコントローラーが監視、修正、デバイスの動作、特性をすべて処理します。このアーキテクチャにより、企業は、テスト済みのアプリケーションを使用して複数のノードに複製可能かつ再利用できる構成を作成できるようになります。このコンセプトを拡大すれば、SDN コントローラーからネットワークノードをプログラムで変更するアクセスが可能になります。このような機能的な変更により、ネットワーク全体で莫大なメリットが生じます。

SDN は、再利用可能な構成と設計を作成することによってネットワークアーキテクチャの構成と実装をシンプルにし、システムのパフォーマンスを向上させます。シンプル化された SDN により、企業の利益も向上します。これは、プラント現場でネットワークの専門家に頼る必要がなくなり、その分人件費も下げられ、実装にかかる時間が短縮され、トラブルシューティングと修理のコストも低減されるためです。

マシン設計の領域も、別途説明する必要があります。機械メーカーがソリューションを構築するとき、そのマシンに使用される個々のコンポーネントが疑問視されることはほぼありません。しかし、そのマシンを既存のプログラム可能なオートメーションコントローラー (PAC) に接続するとき、イーサネットが使用されておらず、規格が守られていない場合には大きな問題が生じます。中には、破壊的技術を使用するため、そのシステムに対する再設計が必要となるような機械メーカーもあります。この状況に対応するため、メーカーにとっては、ワイヤレスとイーサネットのコンポーネントが他のシステムとシームレスに通信できるように仕様を作成することが非常に重要です。

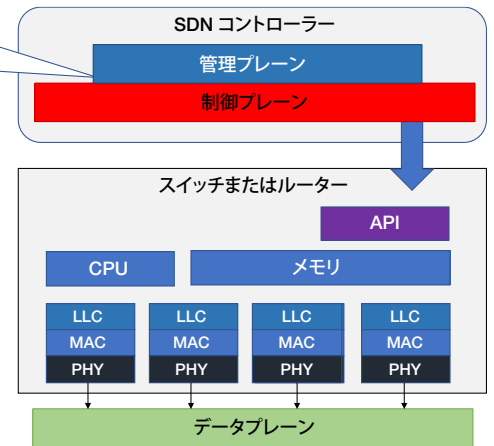


図 10. SDN を使用したデバイス管理

産業用ネットワークの用途向けの SDN は、構想から開発まで時間がかかるため、「2 年より先」の時間軸としました。

このコンセプトの重要な項目の 1 つが、産業向けの用途に最適化されているネットワークスイッチの機能の保持です。つまり、データセンターのアプリケーション空間における SDN の一つの成果として、企業はアーキテクチャに「ホワイトラベル」スイッチを配備しようと努めました。「ホワイトラベル」のネットワークスイッチは採算の合う最小限の製品であり、機能セットが限定されています。データセンターでの SDN の実装には最適な選択肢です。しかし、産業用ネットワークの場合は、問題の原因となる可能性があります。

まとめ

産業用ネットワークインフラは、価値あるビジネス資産です。レガシー産業用ネットワークへの投資には、資産からのリターンを最適化しつつ、新しいテクノロジーから得られるパフォーマンスの強化を必須とする、明確な移行パスが必要です。考え抜かれた堅牢な物理レイヤーは、この資産が価値をもたらす続けるための基盤となるものです。Internet of Things、Wireless Sensor Networks、Power over Ethernet、Time Sensitive Networking など、急速に発展してきた技術の進歩によって、ネットワークをさらに活用できるようになりますが、それに必要なものは、わずかな教育と計画です。

参考文献

- 1 2022 Industrial Network Market Shares According to HMS Networks.” 2022 Industrial Network Market Shares according to HMS Networks, June 30, 2022. <https://iebmedia.com/news/tech-updates/2022-industrial-network-market-shares-according-to-hms-networks/>.
- 2 Cisco Systems and Rockwell Automation, “Converged Plantwide Ethernet Design and Implementation Guide,” (2011 – 2017).
- 3 Colville, Ronni J., & Spafford, George. October 27, 2010. “Top Seven Considerations for Configuration Management for Virtual and Cloud Infrastructures,” *Gartner RAS Core Research Note G00208328*, https://img2.insight.com/graphics/no/info2/insight_art6.pdf



企業のビジネス目標と市場での成功を結び付けるうえで、1955 年以来、パンドウイトが独自の有意義な役割を果たしてきた理由は、問題解決に対する好奇心と情熱という企業文化にあります。パンドウイトは、データセンターから電気通信室、デスクトップからプラントフロアに至るエンタープライズ全体の環境に対応する、最先端の物理、電気、およびネットワークインフラソリューションを創り出します。米国イリノイ州ティンリーパークに本社を置き、世界 112 カ所の拠点で活動するパンドウイトは、品質と技術リーダーシップに関する確固とした評価を得ており、その強固なパートナーエコシステムと力を合わせながら、「つながる世界」におけるビジネスの成長をサポートし、維持し、強化する役割を果たし続けます。

詳しい情報は

www.panduit.co.jp にお問い合わせください。

カスタマーサービスのメールアドレス: jpn-toiawase@panduit.com

このホワイトペーパーは、技術的スキルを持つ作業者が自分の判断と責任においてガイドとして使用することを前提に作成されています。パンドウイトのいかなる製品についても、購入者には、使用前に当該製品が目的の用途に適合することを確認する責任があります。また購入者は、それに伴うあらゆるリスクおよび責任を負うものとします。パンドウイトは、この文書に記載された、または記載されていないいかなる情報から生じるいかなる責任も負いません。

パンドウイトのすべての製品には、当該時点で最新の限定製品保証の利用条件および制限事項が適用されます。詳しくは、www.panduit.com/warranty をご覧ください。

* 本書に記載されたすべての商標、サービスマーク、商号、製品名、およびロゴの所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

PANDUIT US/CANADA

PANDUIT EUROPE LTD.
英国、ロンドン
cs-emea@panduit.com

PANDUIT SINGAPORE PTE.LTD.
シンガポール共和国
cs-ap@panduit.com

PANDUIT JAPAN
日本、東京
cs-japan@panduit.com

PANDUIT LATIN AMERICA
メキシコ、グアタラハラ
cs-la@panduit.com

PANDUIT AUSTRALIA PTY.LTD.
オーストラリア、ビクトリア
cs-aus@panduit.com