

ワイヤー 1 本に至るまで – 耐障害性ネットワークインフラストラクチャの構築

会場: Automation World、2015 年 3 月

著者: パンドウイト、ソリューションアーキテクト、Andy Banathy

締切: 2015 年 3 月 4 日

聴衆: 制御エンジニア、システムインテグレーター、製造業の IT 担当者

範囲: 約 2000 ワード

Internet of Things (IoT) が一般的なデバイス (スマートフォン、タブレット、ビデオカメラなど) にまで広がり、新しい方法で情報をやり取りできるテクノロジーがこれらのデバイスに埋め込まれるようになりました。IoT は、生産空間の外側に広がって運用テクノロジー (OT: Operations Technology) と情報テクノロジー (IT: Information Technology) をつなぎました。その結果、新しいアプリケーションが次々と登場し、既存のアプリケーションの機能も向上しました。こうした新しい能力は、標準イーサネットネットワークでさらに強化されます。現在、各製造業者は、プラントフロアに標準イーサネットネットワークを導入して、自社専用ネットワークから移行しつつあります。

IoT 革命は、特に産業オートメーション市場で、2022 年までに膨大なビジネス機会を生み出すと期待されています。Industrial-IP.org¹ によれば、製造業に関連する経済価値は 3 兆 8,800 億ドルにも上りますが、そのとき IoT のもたらすデータフローの洪水に物理配線ネットワークインフラストラクチャが耐えられるかどうか議論の的となっています。

ネットワーク全体の信頼性にとって、適切な設計とケーブル敷設は決定的に重要です。Gartner 社によれば²、ネットワークダウンタイムの平均コストは 1 分あたり 5,600 ドル、つまり 1 時間で 30 万ドルを軽く超える見積もられています。

製造業者は、ダウンタイムの影響を強く意識しています。ネットワークに接続されたマシンがダウンすることに伴う直接的なコストに加え、マシンが稼働していても解決を要する問題が存在します。プラントが商品を製造できる状態にあるとしても、品質管理された電子文書、追跡管理用の製品シリアル番号、在庫管理、規制コンプライアンスデータが欠けているために企業としてそれを出荷したり販売したりすることができない状況が生じ得るのです。

エンタープライズアプリケーション、プラントフロアソフトウェア、資産管理および品質管理アプリケーション、予測分析、ウイルス対策システムが効率的に機能するには、信頼できるネットワークが必要です。さらに重要なこととして、必須のネットワークは通信プロトコルだけで成り立っているではありません。実際の物理インフラストラクチャ (ケーブル、コネクタ、ワイヤー、キャビネット、パネルなど) は多くの場合見過ごされがちですが、IoT の進展からもたらされる大量のネットワークデバイスが、こうした既存のハードウェア — その大半は敷設後何十年も経過している — にとって過度の負担となることは目に見えています。

各製造業者は、組織全体をイーサネットで標準化することによって、プラントフロアとエンタープライズ間に同時性と可視性を生み出し、効率と生産力の向上を達成しています。それでも、プラント管理者にとっては、既存の信頼できる専用構成の質が、イーサネットネットワークへのアップグレードによって低下する可能性が気になります。したがって、すべての CIO、プラント管理者、システムインテグレーターが、通信プロトコルからケーブルに至るまでネットワークのすべての要素を評価し、将来のネットワークインフラストラクチャの拡張またはアップグレード時に発生するニーズに前もって注意を払うことはきわめて大切です。

新しい製造モデル

今日の企業にとっての課題は、破壊力を秘めたテクノロジーに対応して自らを変革していくことです。IoT が製造のグローバル化にまで浸透してきたため、製造業者には、コスト削減の達成、新しい市場への参入というプレッシャーがかかります。

クラス最高カテゴリに分類される製造業者は、ネットワーク管理、ネットワークの信頼性、および耐障害性を特に重視しています。それらの企業は、バックアップとしてネットワーク経路に冗長性を組み込み、綿密な配線戦略を策定して、プラントフロアネットワーク全体でデータ速度が確実に最大化されるようにしています。言い換えれば、“クラス最高のネットワーク計画”は、インフラストラクチャのあらゆる側面を、ワイヤー 1 本に至るまで、描き切るものなのです。

パンドウイットのソリューションアーキテクト、Andy Banathy は次のように述べました。「物理インフラストラクチャについて先取りして考えると、最終的には利益につながります。適切なメディアを配備すれば、パフォーマンスの問題を回避して、高コストのアップグレードを最小限に抑えるのに役立つからです。ネットワークをすでに配備している場合、対応が遅れると、問題の解決に非常に多くの費用がかかります。私の経験では、計画段階で 10 ドルの費用がかかるものを現場で修正すると 10,000 ドルの費用になることがあります。」

信頼できる耐障害性ネットワークのビジョンを実現するため、企業は物理設計を定義し、グローバルスタンダードを確立しようとしています。ただし、計画を推し進める前に環境評価 (アセスメント) を実施しなければなりません。

アセスメントのステップ

以下に説明するステップを実施して、自社ネットワークの帯域幅要件とケーブル要件を把握してください。

1. イーサネットデバイスの数

アセスメントの最初のステップは、現在だけでなく、今後 10 ～ 20 年間に接続を必要とするすべてのイーサネットデバイスの数を計算することです。これには、マシン、センサー、カメラ、コントローラー、ドライブ、スイッチが含まれることがあります。

2. 環境リスク

次に、インフラストラクチャに対する環境リスクを検討します。たとえば、腐食性のある湿潤状態はケーブル外被覆の材質を劣化させる恐れがあり、高い電気ノイズのある場所ではツイストペアケーブルの性能が低下する可能性があります。アセスメントは、ケーブル配線経路上の障害物を特定し、ケーブル敷設長さを最適化する機会ともなります。詳しくは、TIA-1005-A を参照してください。

3. 帯域幅の消費の原因

環境リスクの評価が終了したら、トラフィックフローの種類を分析して、帯域幅要件を決定します。パケットが発生するすべてのデバイスを調べ、データ、制御、ビデオ、VoIP 出力用のニーズを見積もります。

4. ダウンタイム

ネットワークアーキテクチャを適切に設計するには、ネットワーク投資の必要性を確定できるよう、ダウンタイムのコストを見定めることが大切です。ダウンタイムのコストが高い場合は、耐障害性の強化、ケーブル保護、配線経路を設計で考慮する必要があります。

5. セキュリティ

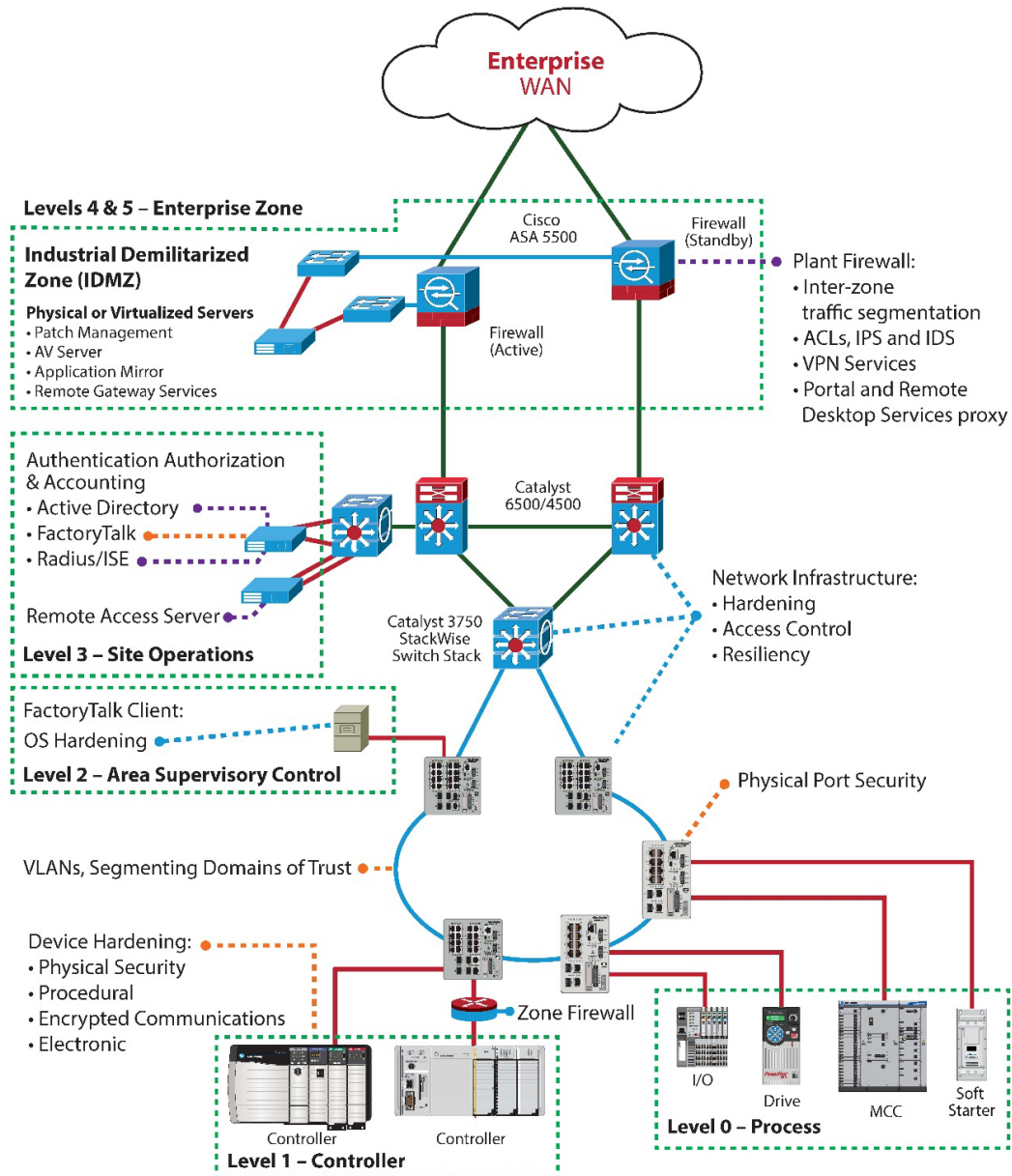
産業用ネットワークは孤立したものではありません。製造業者はアセスメントの一環として、エンタープライズネットワークとの接続方法を決定する必要があります。そこでは、IT ネットワークへの数多くのセキュリティ攻撃に対応するために、より強力なセキュリティが必要とされます。

エンタープライズ IT ネットワークと産業用ネットワークを統合すると、ハッカーが企業の生産能力に大打撃を与える可能性が出てきます。したがって、IT ネットワークとプラントフロアネットワークを統合する場合は、攻撃を確実に撃退するセキュリティスキームを構築するためのベストプラクティスを遵守することが重要です。詳細な防御スキームで、プロトコルからポートの物理的セキュリティまであらゆるものを保護してください。

接続されたプラント

プラントフロアとエンタープライズはこれまで別個の領域として存在してきました。しかし、変化し続ける市場ダイナミクスによってジャストインタイム生産、スケーラビリティ、運用可視性が要求されている現在、企業はこれらの異種ネットワークを接続しようとしています。

Rockwell Automation 社と Cisco 社は、2 つの規格に準拠するイーサネットネットワークを安全に融合させるアーキテクチャモデルを開発しました。Converged Plant-wide Ethernet (CPwE) アーキテクチャと呼ばれるこのモデルは、物理レイヤーにまで展開される論理ネットワークアーキテクチャに関するベストプラクティスから構成されます。



Converged Plant-wide Ethernet (CPwE) アーキテクチャ

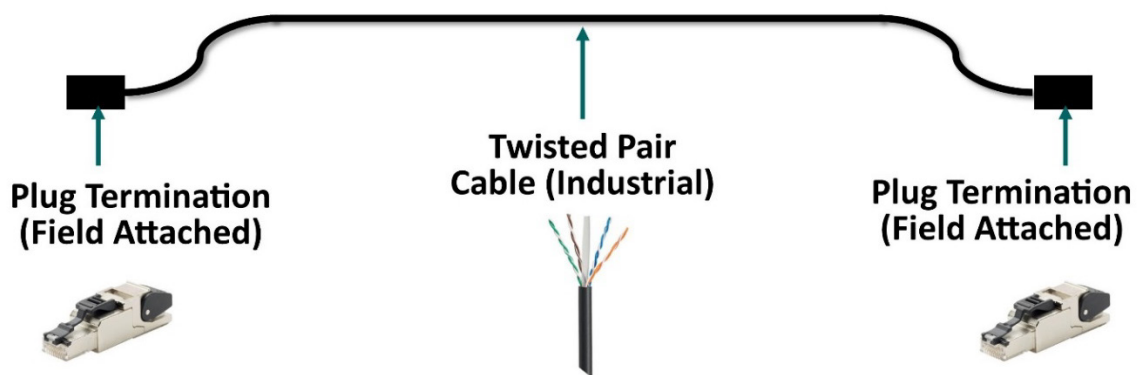
このアーキテクチャは、VLAN を使ってレイヤー 2 およびレイヤー 3 ネットワークインフラストラクチャ全域のトラフィックを効率的に区分します。一方、プラントの制御トラフィックはすべて非武装地帯 (DMZ) レイヤー下に置かれ、エンタープライズゾーンで必要とされる情報は、エンタープライズシステムとプラントシステム間の直接トラフィックではなく、DMZ 内のサーバー経由で提供されます。この構成によって、IT ネットワークと運用ネットワークはデータを共有するものの、実質的には孤立状態が維持されます。万一、エンタープライズのセキュリティが破られたり、ウイルスが侵入したりしても、生産環境はその影響を受けないですむのです。

セキュリティに加え、CPwE は、計画/未計画を問わずネットワークの将来の拡張をも見込んでいます。イーサネットが製造環境にまで浸透し、すべてのネットワーキングを管理し、トラフィックを制御する統一アーキテクチャの導入が進むにつれて、綿密に計画された構造化物理ネットワークを備える施設が、全体の運用効率、生産性、柔軟性を高めるうえで最善の選択であることが明らかになるでしょう。詳しくは、『[Panduit Industrial Ethernet Physical Infrastructure Reference Architecture Design Guide](#)』をご覧ください。

将来の産業用ネットワーク

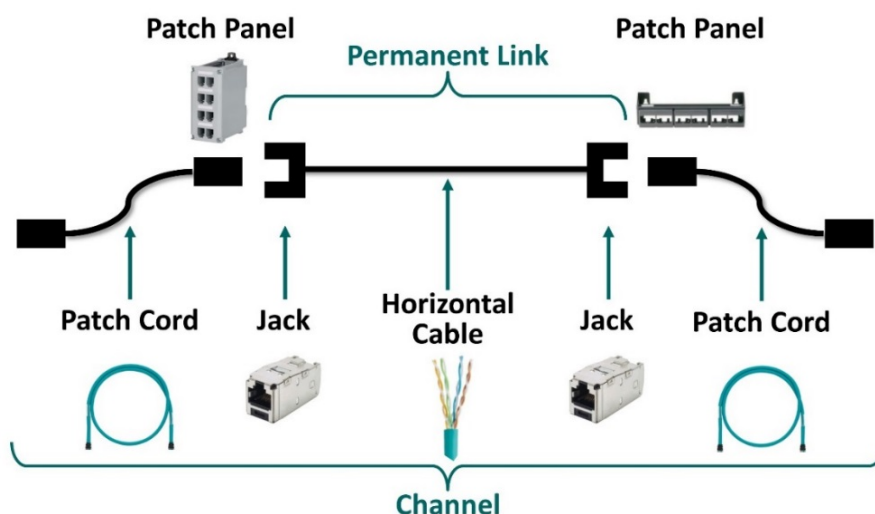
これまで産業用ネットワークは、プラグで成端された 1 本のケーブル (つまり、長いパッチコード) を使用したポイントツーポイント構成で構築されてきました。現在、堅牢性と継続可能性の高いインフラストラクチャとして構造化配線が注目されています。構造化配線により、製造業にとって重要な要素である拡張とトラブルシューティングが容易になるからです。ただし、どのアプローチにも良い点と悪い点があり、それは実装次第です。

ポイントツーポイントは、エンクロージャー内の短距離のケーブル敷設や小規模なリングアプリケーションには理想的ですが、プラグでの成端が難しい場合があります。撚り線ケーブルと単線ケーブルも一長一短です。撚り線ケーブルは減衰量が大きいため距離を短くせざるを得ませんが、単線導体ケーブルは曲げに弱く断線することがあります。さらに重要な点として、固定長のポイントツーポイントケーブルを、パッチパネルによる構造化アプローチに簡単に拡張または再構成することはできません。加えて、一部のネットワークテスト機器はテスターを接続できない構造になっており、チャンネル全体をテストできません。



ポイントツーポイント配線の単純な例

構造化配線は、トラブルシューティング、テスト、拡張が容易で、信頼性が高いため、接続エンクロージャー、マシン、テスト機器、カメラなど、距離が長く、重要性の高い経路に推奨される実装方法です。パッチコード、ジャック、水平配線を活用すれば、最適化されたネットワークチャネルを構成できます。また、水平ケーブルは、プラグでの成端と比較してジャックでの成端が容易かつ迅速で信頼できます。ネットワーク配線を行って、拡張用の予備のネットワークチャネルを作成しておけば、機器の追加時やネットワーク配線の障害時に別のチャネルに接続することができます。



ツイストペア構造化配線の単純な例

チャネルの耐障害性が注目されているとはいえ、構造化配線の価値は、工業施設用電気通信インフラストラクチャ規格 (TIA-1005-A) に基づく、配線の計画と施工およびケーブル管理に対する体系的アプローチにあります。

メディアの選択

どのケーブルメディアを選択するかは、ケーブル到達距離、過酷な環境、電気ノイズ、帯域幅、スイッチの統合によって変わります。たとえば、適切なツイストペアチャネルケーブルの伝送距離は 100 m ですが、シングルモード光ファイバーケーブルの伝送距離は、選択するトランシーバによっては何キロにも及びます。

腐食性のある環境、湿潤環境、油性の高い環境は、性能低下の原因となるネットワークケーブル外被覆の劣化を招きます。外被覆の材質には、ポリウレタン、ポリ塩化ビニル (PVC)、熱可塑性エラストマ (TPE) などさまざまな種類があり、それぞれケーブル保護レベルが異なります。最も強い外被覆材質であるポリウレタンは、耐摩耗性、耐引裂性に優れ、耐油性、耐放射性、抗菌性、耐酸化性、耐オゾン性があります。電気ノイズを抑制する

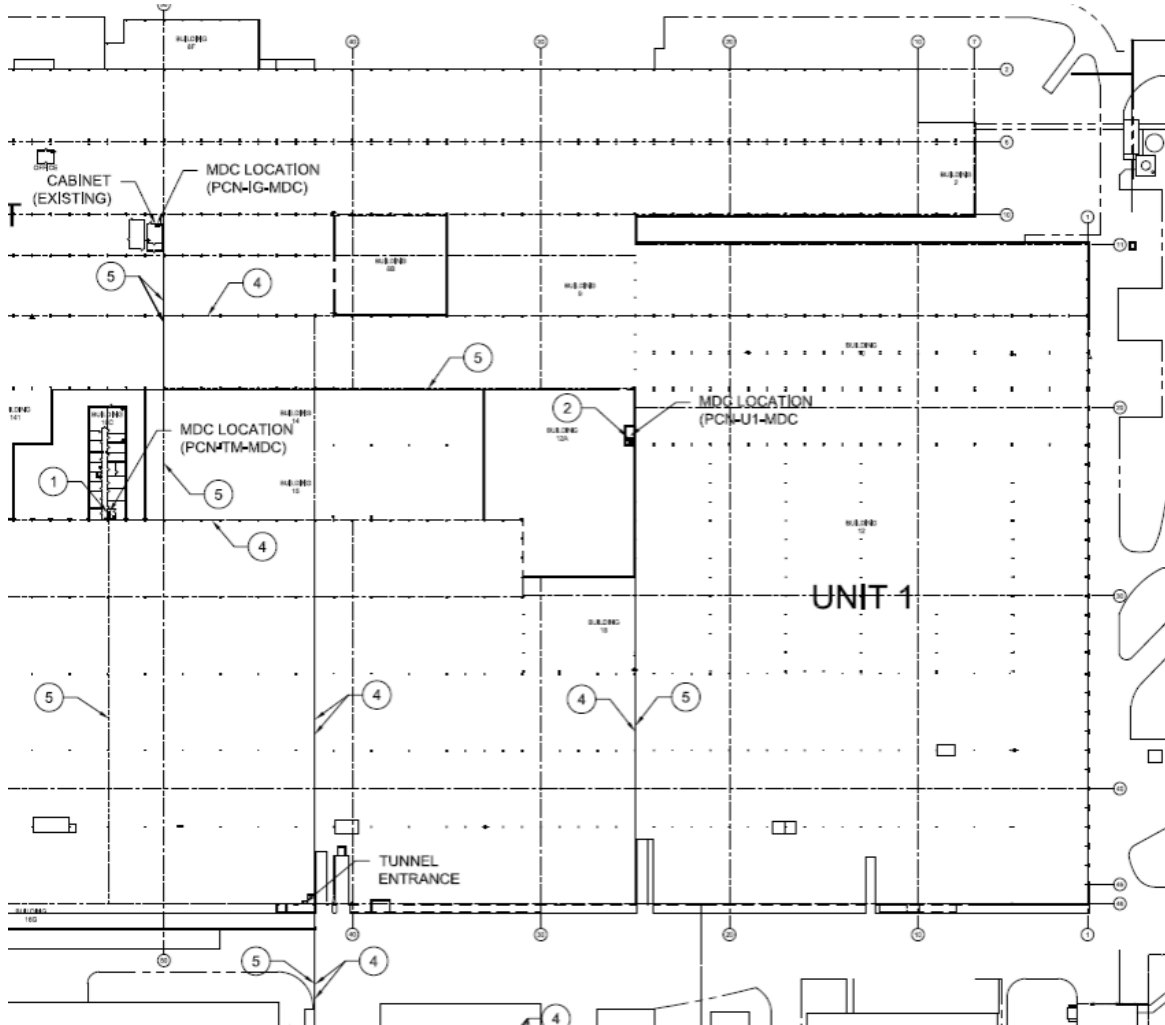
ため、外被覆の下にメタルフォイルやメタル編組が使用されることもあります。しかしながら、究極の電気ノイズ対策は光ファイバーの導入です。

特に、スイッチ間リンクやカメラなど大量のデータを消費する場合は、帯域幅を考慮してメディアを選択する必要があります。帯域幅要件によっては、カテゴリ 6 のような高カテゴリツイストペアケーブル、おそらくは最大伝送速度 10 Gb/秒のマルチモードおよびシングルモードファイバーが必要になるでしょう。

ネットワーク中断からの回復時間は、製造ダウンタイムに影響を与えます。リングまたは冗長スタートポロジのスイッチ間リンクにファイバーケーブルを導入すれば、この時間を最小化できます。ファイバーは、ツイストペアインターフェイスよりもスイッチが信号損失を検出するのが速く、ツイストペアよりもはるかに速く通信を回復できます。それほど複雑でない小規模なネットワークにはツイストペアで十分な場合がありますが、ネットワーク障害時の回復時間とダウンタイムのコストは比較検討する必要があります。

ネットワーク要件を綿密に検討する

ここまででネットワークアセスメントが完了し、ネットワークトポロジーが描き出され、ポイントツーポイント配線と構造化配線の場所やケーブル構造/メディアがすべて決定されました。次に行うのは、インフラストラクチャの設計と配備です。最初に、物理レイヤーに論理ネットワークアーキテクチャを重ね合わせるため、プラントの図面を作成します。



プラントケーブルレイアウトの例

配備する前にネットワークを適切に図面化することで、配線経路および配線インフラストラクチャへの環境による影響について決定できます。ISO/IEC 24702 規格には、機械、侵入、気候、電磁気の 4 つの要因 (M.I.C.E と称される) で環境を評価する方法論があります。

M.I.C.E の影響は、適切なケーブル外被覆とシールドで電気ノイズを抑制することで緩和できます。

物理インフラストラクチャを評価、設計、配備する際には、以下の点を念頭に置いてください。

- 規格に準拠した構成 (TIA 配線規格から EtherNet/IP まで)
- 配線方法 (つまり、構造化かポイントツーポイントか)
- メディアの選択に影響するネットワークトポロジー
- 光ファイバーおよびツイストペア配線の使用
- 過酷な環境にも対応する適切な外被覆とシールド

インフラストラクチャの重要性

規格に準拠した方法論に基づいて体系的な方法でアプローチするなら、配線インフラストラクチャは、論理ネットワークと物理ネットワークの発展する側面を融合させ、絶えず変化するダイナミックな業界に適応できるスケーラブルなソリューションになり得ます。データの連続性には、メディア、ワイヤー保護材、トポロジーが関係しています。加えて、テクノロジーベンダーから提供されるベストプラクティスと認定済みのと技術を活用すれば、効率的でコスト効果の高い施工が可能です。

ネットワークは時の試練に耐えなければなりません。最初のワイヤー 1 本から正しく取り組みましょう。

(1) 出典: Industrial-IP.org

(2) 出典: Gartner blog, 「The Cost of Downtime」 2014 年 7 月 16 日

参考文献

- ANSI/TIA-1005-A 工業施設用電気通信インフラストラクチャ規格
- ISO/IEC 24702 - 情報技術 - 情報配線システム - 産業用地