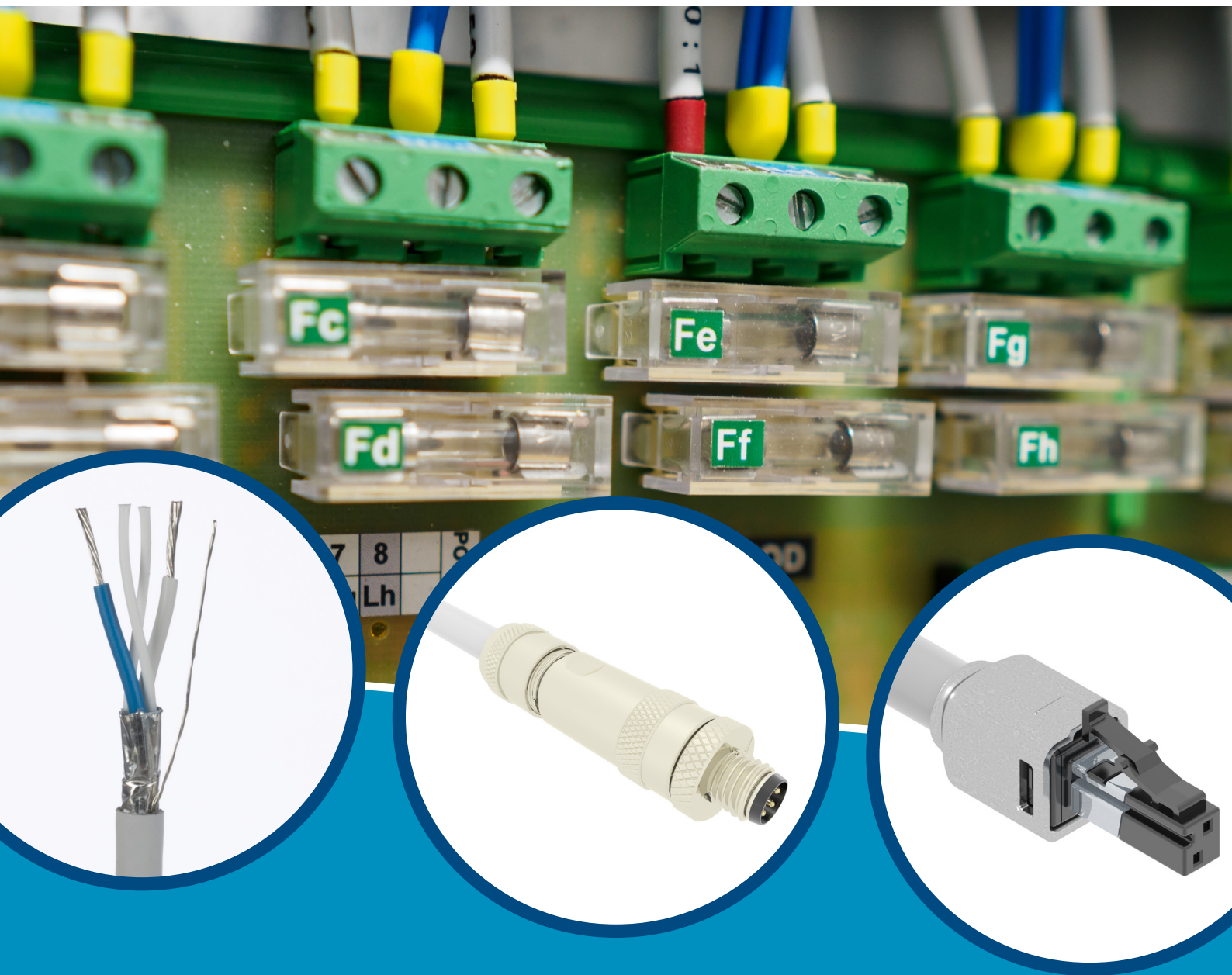




# ビルディングと産業用フィールドバスの 統合イーサネットインフラへの進化

Panduit および Fluke Networks



## はじめに

イーサネットテクノロジーはほぼすべての業界で、自動制御用に標準化されるように進化しています。これらの業界の多くでは、コントローラーはイーサネットでアップストリーム通信するように設定されていますが、RS-485 やその他のシリアルおよびアナログ物理層を使用してデータを取り込んでいます。IEEE 802.3cg や IEEE 802.3bu などの IEEE シングルペアイーサネット (SPE) 規格や、現在開発中の関連する規格は、操作用機器のイーサネットテクノロジーに向けた歩みを続けることが予想されます。これらの規格により、1 つのツイストペアの導体でイーサネットの通信および給電が可能になりますが、シングルペア導体は以前はシリアルおよびアナログ通信の領域でした。

テクノロジーの進化とともに、実際の用途を従来のテクノロジーからイーサネットベースのソリューションに移行する必要が生じています。専門家は、この移行は 5 年から 10 年の期間で起きると考えています。この移行を前提として、エンドユーザーはこの将来のテクノロジーにいたいどのように備えるのでしょうか。既に持っている従来のインフラやトポロジを新しいイーサネットベースのシングルペアデバイス用に再利用できるのでしょうか。現在、最新型のシリアルおよびアナログのデバイスを導入しているのであれば、そのためにイーサネット対応のインフラを使用できるのでしょうか。

このホワイトペーパーでは、シングルペアイーサネット (SPE) 用途向けに従来の配線およびトポロジを使用することと、従来の用途向けにシングルペアイーサネットシステムを使用することについて評価します。



## フィールドバスネットワークおよびテクノロジー

産業用オートメーションネットワークおよびビルディングオートメーションネットワークには、互いにいくつかの類似点があります。具体的なフィールドバスシステムについて議論する前段としてこれらの類似点を確認しておく役に立ちます。フィールドバスネットワークは一般に以下のような特徴を備えています。

- 製造プロセス、労働者の快適性と安全性、最新の施設のその他多くの要素に関する変数を測定して制御します
- エッジデバイス (センサーやアクチュエーターなど) は、従来からレガシープロトコルを使用して OT ネットワークに接続しており、その多くは RS-485 物理レイヤーを使用し、一般的なメディアとして 18 AWG シールドツイストペアが選択されます
- 通常はコネクタを使用せず、接続はふつう端子板 (ネジ端子) で行います。これらの接続は、許容可能な性能を実現するには施工の良さに大きく依存します
- 低いデータレートで長距離となることが多く、RS-485 では 31.2 kb/s で 1,000 m を超えます
- OT ネットワーク配線は、音声およびデータのネットワーク経路に従わず、音声とデータのネットワークで見られるリンク長に準拠しません
- 最大 18 AWG までの大きい寸法のワイヤーを必要とする少量の電力 (1W 以下) を供給することもあります

## シリアルおよびアナログの通信システム

次に、いくつかの通信システムとそのトポロジー、物理インフラストラクチャ、および産業ネットワークやビルディングネットワークでそれらがどのように使用されるかの詳細について要約します。

## HART™ (Highway Addressable Remote Transducer) 通信プロトコル

HART は世界各国の装置産業で使用されているオープン規格で、多くの製品が敷設されています。HART では、アナログ配線 (従来は 4 ~ 20 mA) を使用して、スマートデバイスと制御システムの間でデジタル情報を送受信します。アナログプロセス値は、デジタル信号が送信されるのと同じ配線を使用して送信されます。HART では、既存のアナログ制御機器とプラント配線を保持することができます。

HART によってアナログ信号に重畳されたデジタル情報は、診断データと保守データを提供します。システムを制御するために HART 装置を接続する最も一般的な方法はポイントツーポイントトポロジーですが、マルチドロップも使用できます。マルチドロップネットワークにはさらなる設計作業が必要ですが、更新レートはずっと遅くなります。電気的な問題により、プロセス値のためのアナログ信号が使用できなくなったため、すべてデジタルのネットワークとして運用されます。理論的には、HART プロトコルの最大送信距離は 3,000 m ですが、これはデバイスの数と、ケーブル設計の電気的特性に左右されます。フィールドデバイスの取り付けは、通常は 10 ~ 50 m の範囲になります。HART ネットワークでは RS-485 タイプのケーブルが一般に使用されます。通常の取り付けでは、シールドシングルペア 22 AWG ケーブルが必要です。距離が長い場合は、最大 18 AWG のさらに大きい寸法のワイヤーが必要になります。

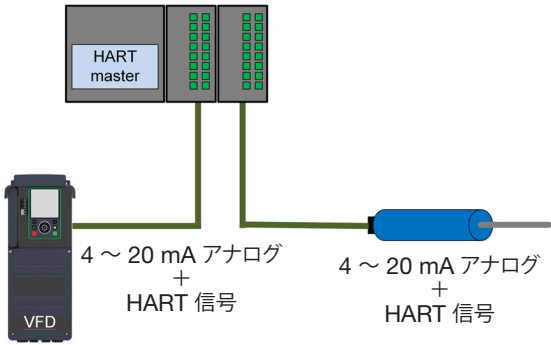
| フィールドバス |            |                                                                                                                               |                                                                                               |
|---------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| HART    | 帯域幅        | 最大距離<br>3,000 m                                                                                                               | 最高レート<br>1,200 bps                                                                            |
|         | トポロジー      | ポイントツーポイント (オプションとしてマルチドロップ)<br>           |                                                                                               |
|         | インフラストラクチャ | <br>18 ~ 24 AWG ツイストペア<br>(例: 3105a, 9841) | <br>ネジ端子 |

図 1: HART プロトコルの要約表

## BACnet MS/TP

BACnet MS/TP はビルディングオートメーションの用途に広く使用されているプロトコルです。北米では、BACnet プロトコルはビルディングオートメーションの用途の独占的な市場シェアを持っています。BACnet MS/TP (マスタースレーブ/トークンパッシング) プロトコルは、複数のマスターを持つトークンパッシングに基づくピアツーピアネットワークです。トークンとは、ネットワーク内のデバイス間で渡される情報のパケットです。BACnet MS/TP フィールドバスではデータ送信の物理レイヤー規格として RS-485 を使用します。ケーブルは、特性インピーダンスが 100 ~ 130 オームのシールド (フォイルまたは編組) ツイストペアケーブルです。通信ケーブルは、デジチェーンとしても知られている線形バスで設定されます。つまり、図 2 に示すように、1 本のメインケーブルがあり、他のネットワークデバイスは、その経路に沿って直接接続されます。BACnet MS/TP フィールドバスネットワークは、18 AWG ケーブルでの最大ケーブル長が 1,219 m (4,000 フィート) です。リピーターと呼ばれる電源を備えたデバイスを使用して、幹線の長さを延長することができます。

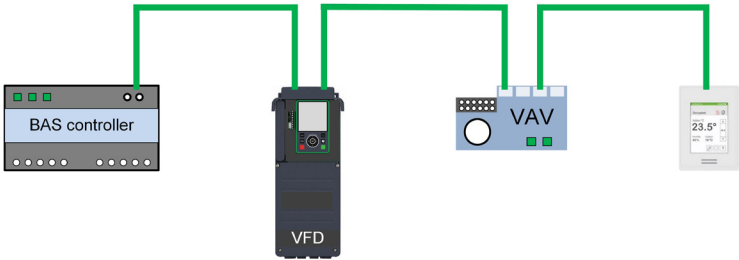
| フィールドバス      |            |                                                                                                                              |                                                                                               |
|--------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| BACnet MS/TP | 帯域幅        | 最大距離<br>76,800 bps @ 1,200m                                                                                                  | 最高レート<br>115,200 bps @ 1,000m                                                                 |
|              | 物理レイヤー     | ANSI/TIA-485-A (一般的に RS-485 と呼ばれます)                                                                                          |                                                                                               |
|              | トポロジー      | デジチェーン / バス<br>                           |                                                                                               |
|              | インフラストラクチャ | <br>18 ~ 24 AWG ツイストペア<br>(例: 9841、3106A) | <br>ネジ端子 |

図 2: BACnet プロトコルの要約表

## 従来のアナログ

デジタルフィールドバステクノロジーが主流になる前、ほとんどのネットワークは簡単なアナログ通信に頼っていました。この通信は通常、0 ～ 10 ボルト DC または 4 ～ 20 mA の形式の直流の電氣的な基準を提供する、コントローラーからデバイスへの一方向の信号でした。この信号の物理メディアはシールドツイストペアケーブルで、通常は 22 AWG または 18 AWG で、ポイントツーポイントケーブルで接続されます。ケーブルは通常、ネジ端子、バネ付き端子板、または何らかの種類の圧接接続で接続されます。他のデバイスからの電気妨害を低減するため、シールドケーブルが使用されます。PLC およびコントローラーでは、本当の信号を分離するためにフィルターが使用されます。ケーブルの電圧降下のため、電圧信号の距離は制限されます。一般的な推奨として、電圧信号 (0 ～ 10 VDC など) の場合は 50 フィートを超えないようにし、電流信号 (4 ～ 20 mA など) の場合は 500 フィートを超えないようにします。ただし、アナログ回路全体の抵抗を計算して設計を最適化することによって、もっと長い距離を実現することができます。

この設定は電氣的に堅牢であるため、幅広い種類のケーブルを使用できます。アナログシステムは、適切に設置されればうまく機能し、費用対効果も高いため、現在でも使用されています。アナログ信号インターフェイスは一般的に、連続的な位置センサーや基準信号 (速度や位置など) のような用途で使用されます。下図は、アナログ入力信号で可変周波数駆動の速度を制御する例と、アナログ信号をコントローラーに送り返すセンサーで位置を監視する例の 2 つのアナログ信号を示しています。この設定はコスト効果が非常に高いですが、提供される機能は限定されます。アナログシステムは、使用できるデータおよび制御情報の量が制限されているため、フィールドバステクノロジーが望ましい代替策となります。

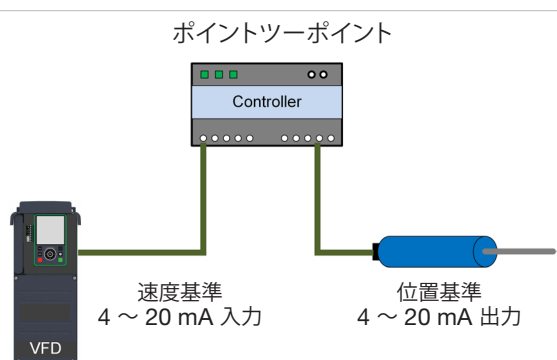
| フィールドバス |            |                                                                                                                        |                                                                                               |
|---------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| アナログ    | 帯域幅        | 距離<br>500m 以上                                                                                                          | 最高レート<br>連続的                                                                                  |
|         | 物理レイヤー     | 0 ～ 10 VDC または 4 ～ 20 mA                                                                                               |                                                                                               |
|         | トポロジー      | <p>ポイントツーポイント</p>                  |                                                                                               |
|         | インフラストラクチャ | <br>18 ～ 24 AWG ツイストペア<br>(例: 8761) | <br>ネジ端子 |

図 3: アナログ通信の要約表

## PROFIBUS DP/PA

PROFIBUS には 2 つの種類があり、それぞれに独自の物理レイヤー要件があります。PROFIBUS DP (Decentralized Peripherals: 分散周辺機器) は、RS-485 ネットワークをベースに、ファクトリーオートメーション、モーションコントロール、危険を伴わない場所のプロセスオートメーションなど、様々な用途に対応しています。PROFIBUS PA (Process Automation: プロセスオートメーション) は、危険物、防爆、本質安全のアプリケーション向けに設計されており、PROFIBUS DP ネットワークと共存することができます。Profibus DP と PA では全く同じプロトコルが使用されますが、使用される通信物理レイヤーは異なります。どちらの種類もさまざまなトポロジをサポートします。PROFIBUS DP は RS-485 に基づいていますが、通常の RS-485 ネットワーク (通常は 120 オームの特性インピーダンス) とは若干異なるケーブル (150 オームの特性インピーダンス) を使用することが推奨されています。

PROFIBUS PA 物理レイヤーは MBP (Manchester encoded bus powered) で、データと電力を同じ 2 本のケーブルで送信します。MBP は本質安全操作をサポートするため、この物理レイヤーでは危険な環境での使用が可能になります。通常、PROFIBUS PA と DP は同じネットワークで使用されますが、物理レイヤーが電気的に異なるため、中継デバイスが必要になります。PROFIBUS PA では、通常は 18 AWG シールドケーブルである IEC 61158-2 タイプ A ケーブルを使用します。これはシングルペアイーサネットの用途に使用されるものと同じ種類のケーブルです。最大 1,200 m の距離が可能ですが、データレートは低く、約 9.6 kbps になります。12Mb/s の送信レートを実現するには、ケーブルは約 100 m に制限する必要があります。

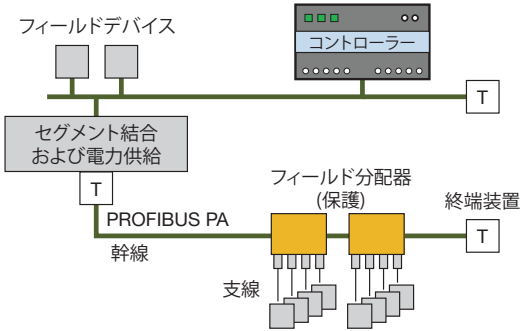
| フィールドバス               |                |                                                                                                                          |                                                                                               |
|-----------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| PROFIBUS DP<br>および PA | 帯域幅            | 最大距離<br>1,200m (DP)                                                                                                      | 最高レート<br>12Mb/s (DP)<br>31.25 kbits/s (PA)                                                    |
|                       | 物理レイヤー         | MBP または ANSI/TIA-485-A                                                                                                   |                                                                                               |
|                       | トポロジ           |                                      |                                                                                               |
|                       | インフラ<br>ストラクチャ | <br>18 ~ 24 AWG ツイストペア<br>IEC 61158-2 | <br>ネジ端子 |

図 4: PROFIBUS プロトコルの要約表

## FOUNDATION Fieldbus™ H1

「フィールドバス」という用語は一般名詞で、フィールドデバイスに接続するあらゆるバスのことを示します。FOUNDATION Fieldbus (FF) は、もともと 4 ~ 20 mA のアナログテクノロジーを強化して置換するためのものだった特定のフィールドバスです。FF は主に、石油、ガス、石油化学業界のほか、プロセス業界でも使用されています。FF はすべてデジタルのパブリッシャー / サブスクライバー通信ネットワークで、PROFIBUS PA と同様に危険な場所でも使用できます。FF のトポロジーには、ポイントツーポイント、幹線/支線、デイジーチェーン、ツリーのほか、これらのサポートされているテクノロジーの組み合わせが使用できます。

FF では最適な性能を得るために、IEC 61158-2 要件、タイプ A バリエントに適合したケーブルが推奨されています。IEC 61158 要件の他のバリエント (タイプ B など) も使用できますが、システム速度や送信距離が低下します。最も最適化された FF の取り付けは、IEC 61158-2 タイプ A ケーブル (ドレイン線付きのシールド 18 AWG ケーブル) を使用して設定されます。これはシングルペアーサネットに使用されるものと同じ構造です。

| フィールドバス                |                |                                                             |                        |
|------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------|------------------------|
| FOUNDATION<br>Fieldbus | 帯域幅            | 最大距離<br>1,900m                                              | 最高レート<br>31.25 kbits/s |
|                        | 物理レイヤー         | MBP (Manchester encoded bus powered)                        |                        |
|                        | トポロジー          | <p>フィールドバス デイジーチェーン トポロジー</p> <p>フィールドバス バストポロジー</p>        |                        |
|                        | インフラ<br>ストラクチャ | <p>18 ~ 24 AWG ツイストペア<br/>IEC 61158-2 タイプ A</p> <p>ネジ端子</p> |                        |

図 5: FOUNDATION Fieldbus プロトコルの要約表



## フィールドバスネットワークの検証と将来性の保証

従来のフィールドバスネットワークでは、システム全体の試運転および検証についての強い文化があります。検証は通常、システム機能レベルで実行されます。従来のフィールドバスネットワーク検証手順では、高性能のイーサネット通信ネットワークで行われるような物理インフラ通信ネットワークの性能の測定や評価は通常行われません。

フィールドバス物理インフラの検証は、通常は次の手順で行います。

- 当該用途で実証済みであるか、オートメーションの製造元によって推奨されている特定ブランドのコンポーネントとケーブルを使用する
- 導通試験および信号品質試験を実施する
- デバイスを接続し、すべてが認識されて応答しているか検証する
- 最大の通信負荷をかけて一定時間失敗せずに動作させる

この方法でのフィールドバスシステムの評価は長年にわたってうまくいっていましたが、ユーザーは次の 3 つのリスクにさらされます。

- 第 1 に、これらの手順はケーブルインフラの検証ではなく機能的な性能評価であるため、システムは実行するように設計されている機能に対して検証されるのであって、フィールドバスシステムの将来のアップグレードに対して必ずしも検証されるわけではありません。別の言い方をすれば、従来のフィールドバス試運転手順では、将来の用途やアップグレードのための物理インフラの適合性を確認するために使用できるベースライン設置データが生成されません。
- 第 2 に、検証はシステム全体として行われるため、発生した問題が物理インフラに関連しているのか、あるいはシステムに機器の異常があるのか診断することが困難になる可能性があります。システム性能に十分な信頼を得るには、数カ月にもわたる苛酷なデバッグと、その後の数年にもわたる正常な運用が必要になることもあります。
- 第 3 に、検証は、実行されたときの条件での操作のみ証明します。ケーブルが異なる条件 (温度、電磁妨害、湿度など) で適切に機能を継続することは保証されません。

## 次世代型フィールドバスへの進化

フィールドバスとアナログ通信システムの評価に着手するためのもう 1 つの方法は、シングルツイストペアケーブルでの高周波データ送信性能を測定するために特別に設計された試験方法を利用することです。

初期の結果では、IEC 61156-13 および -14 (ドラフト) および TIA-568.5 (ドラフト) に記載されているシングルペアイーサネットの試験方法とパラメーターを使用して、フィールドバスと I/O インフラの性能を検証できることを示しています。これらの試験では、幅広い範囲の周波数でのケーブルの客観的かつ測定可能な性能が提供されており、従来のケーブルシステムが現在および将来の用途をどの程度サポートするか識別するのに役立ちます。

### 次世代通信のためのフィールドバスケーブルの使用

フィールドバスシステムは、イーサネットへの移行を既に始めています。つい最近の 2018 年には、産業オートメーションノードの新規設置数は、従来のフィールドバスノードと産業用イーサネットノードとの間で均等に分かれていました。それから 3 年後、同じ出典からのデータによれば、産業用イーサネットノードが、設置されるノードの 65 パーセントを超えるようになっています。複数の業界では、通信プロトコルを担当する規格団体によって、通信プロトコルがイーサネットと従来のフィールドバス物理レイヤーの両方をサポートするように規格が変更されました。ODVA はユーザーの産業用イーサネットのニーズを満たすように EtherNet/IP を開発しました。これは DeviceNet や ControlNet のような先行する従来のフィールドバスプロトコルと CIP (Common Industrial Protocol) を介してシームレスに統合するように設計されています。別の例として、PROFINET International はフィールドバスプロトコル PROFIBUS を利用して、PROFINET と呼ばれるイーサネットベースのシステムを開発しました。さらに、BACnet 規格を発表した組織である ASHRAE は、BACnet メッセージをイーサネットフレームの内部で転送する BACnet/IP を開発しました。この移行はほとんどすべての産業用オートメーションおよびビルディングオートメーションのフィールドバスプロトコルで進展しているため、ほぼすべての用途で、(2 ペアまたは 4 ペアの銅線であっても光ファイバーインフラであっても) 標準化されたイーサネット物理レイヤーで動作できます。シリアルフィールドバスでは通常シングルツイストペアケーブルが使用されているため、この進化には通常、新しい専用のイーサネットインフラを設置し、1 ペアのシリアルインフラを撤去する必要がありました。

| 組織                  | 従来のフィールドバス             | 産業用イーサネット               |
|---------------------|------------------------|-------------------------|
| ODVA                | ControlNet、DeviceNet   | EtherNet/IP             |
| Fieldcomm Group     | FOUNDATION Fieldbus H1 | FOUNDATION Fieldbus HSE |
| Fieldcomm Group     | HART                   | HART IP                 |
| Profi International | PROFIBUS DP/PA         | PROFINET                |
| ASHRAE              | BACnet MS/TP           | BACnet/IP               |
| KNX                 | KNX                    | KNXnet/IP               |

図 6: 従来のフィールドバスプロトコルとそれに相当する新しい産業用イーサネット



シングルペアーサネットの採用による明らかな利点は、産業用イーサネットアプリケーションがフィールドバス配線と非常に似た構造のシングルツイストペアインフラ上で実行できるようになったことです。従来のフィールドバスからイーサネットへのアップグレードのために、既存のシリアルインフラを使用できる可能性があります。この可能性に説得力があるのは、新しいケーブルインストールを排除することで、アップグレードの複雑さを大幅に軽減することができるためです。理想的なケースでは、これは可能はずです。

アップグレードにあたって注意すべき、シリアルフィールドバスとシングルペアーサネットケーブルの要件の主な相違点は次のとおりです。

- 1) SPE は従来のケーブルよりも広い周波数範囲で動作します。従来のケーブルは 100 kHz 未満の動作周波数用に構築されています。10 Mb/s で動作するシングルペアーサネットネットワークは、最大 20MHz で動作します。この動作周波数の大きな差異は、将来的に 10 Mb/s を超える高速な SPE 仕様になると、より大きな効果が期待できます。
- 2) SPE およびシリアルケーブルはどちらも、通常 100 オームの公称インピーダンスが必要です。しかし、SPE で使用する周波数範囲が広いため、周波数範囲全体でインピーダンスの要求を満たす必要があります。
- 3) 周波数範囲が広がると、ケーブルが周波数範囲全体にわたってツイストペアバランス要件と反射減衰量を満たす必要があります。

フィールドバス配線は、将来のシステムよりも低い周波数で動作するように設計されているため、設置済みのすべてのケーブルシステムが、イーサネットベースのフィールドバスネットワークにアップグレードできるかテストすることがユーザーにとって重要になります。

## フィールドバスおよび I/O でのシングルペアイーサネットの使用

シングルペアイーサネットが業界全体に拡大するにつれ、フィールドバス配線には新たな SPE テクノロジーに備えるためのチャンスがあります。今日使用されている一般的なフィールドバステクノロジー (BACnet、FOUNDATION Fieldbus H1、HART、PROFIBUS PA/DP など) は、SPE ケーブルに類似したシングルペアケーブルで展開されています。では、これは SPE ケーブルがフィールドバスネットワークに使用できることを意味しているでしょうか。多くの場合、答えは「はい」となるでしょう。

以前述べたように、SPE とフィールドバスケーブルの主な違いの 1 つは、高い周波数で動作する能力です。フィールドバス配線では、物理レイヤーのための産業用通信ネットワークを扱う IEC 61158-2 規格 (フィールドバス仕様) を通常参照します。IEC 61158-2 に含まれる一般的な仕様には、タイプ A とタイプ B の 2 種類があります。たとえば、PROFIBUS PA と FOUNDATION Fieldbus は MBP (Manchester encoded bus powered) 物理レイヤーを使用するため、IEC 61158-2 タイプ A を参照しています。その一方で、PROFIBUS DP および HART は RS-485 に基づいているため、ケーブル仕様は IEC 61158-2 タイプ B バリエーションに似ています。SPE ケーブルは、これらのフィールドバスケーブルに設計が似ていますが、SPE ケーブル規格 IEC 61158-13 (ドラフト) に従います。この規格は、従来のフィールドバスではなく、SPE に固有の高周波数試験に焦点を合わせています。この規格に対する初期の試験によって、SPE ケーブルは、フィールドバスのタイプ A の用途の代わりに使用できることが示されています。ただし、その逆は真でない場合もあります。

タイプ A ケーブルは (他の仕様に加えて) 最大 20 MHz までのインピーダンスレベル試験に対処するため、異なるテスト要件や設計を持つタイプ B ケーブルよりも適合しやすくなっています。タイプ A ケーブルはイーサネット APL (Advanced Physical Layer) ネットワークにも指定されています。タイプ B 仕様はタイプ A と比べて、周波数、速度、長さが制限されています。表 1 は IEC 61158 規格からの引用で、従来のフィールドバスネットワークで発生するさまざまな伝送速度に対するタイプ A とタイプ B の最大ケーブル長の差を示しています。最も確実な方法は、ネットワークで必要な要件に基づいて、フィールドでテストを行うことです。しかし、試験と仕様に基づき、SPE ケーブルは、IEC 61158-2 タイプ A ケーブルの用途に代わるケーブルとなります。フィールドバス用途向けに SPE ケーブルを使用すると、将来を見越した物理レイヤーとなります。

表 1: 伝送速度を変えた場合のケーブルタイプ A とケーブルタイプ B の最大ケーブル長

| 項目        | 単位     | 値    |      |       |       |     |      |        |      |       |
|-----------|--------|------|------|-------|-------|-----|------|--------|------|-------|
| データレート    | kbit/s | 9.6  | 19.2 | 93.75 | 187.5 | 500 | 1500 | 3000   | 6000 | 12000 |
| ケーブルタイプ A | m      | 1200 | 1200 | 1200  | 1000  | 400 | 200  | 100    | 100  | 100   |
| ケーブルタイプ B | m      | 1200 | 1200 | 1200  | 600   | 200 | 70   | 許容されない |      |       |



## 構造化配線

銅線ネットワークケーブルの接続には、構造化と直接接続 (ポイントツーポイント) の 2 つの選択肢があります。信頼性と長寿命のための好ましい方法は、標準規格に準拠した構造化配線設定です。構造化配線は、今日および将来の音声、データ、動画、制御を含む通信に必要なケーブル管理を体系的に整理した、計画的なケーブル配線システムです。構造化配線はエンタープライズやデータセンターの設備内において始まりましたが、今ではビルディングオートメーションや産業用システムなどの多くの業界に拡大しています。図 7 は、直接接続構成 (上) と従来の構造化配線構成 (下) の違いを示しています。

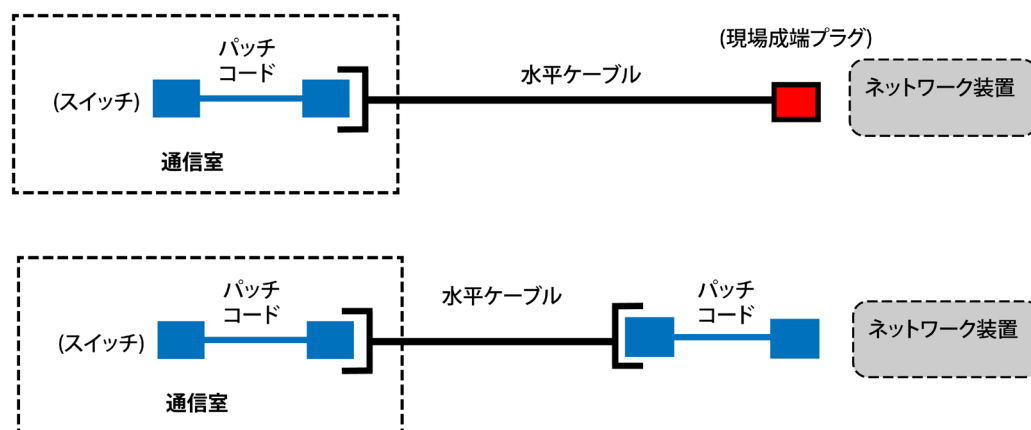


図 7: イーサネットネットワークの構造化配線

### 構造化配線のメリット

- 専用ケーブルが不要
- 冗長経路が削減される
- 低電圧ケーブルを管理できる
- IP デバイスへの移行パスが提供される
- 資産管理
- 作業量が減少して展開が早くなる
- 移動、追加、変更が容易でコストが低下する
- 性能を確保するためのテスト可能なリンク
- 予定外の停止から速やかに回復するためのパッチング

一般的に、ポイントツーポイント配線は構造化配線よりも耐障害性に劣ります。これは、テスト可能なリンクが存在しないこと、予備のポートを設置できないこと、撚り線導体の使用により到達距離が短くなることなどが理由です。また、ポイントツーポイントシステムでは、動作を回復するには障害のあるケーブルを交換する必要があります。したがって、一般的な設備には、構造化配線とポイントツーポイント配線の両方が含まれています。構造化配線は、フィールドデバイスを電気的に接続するために産業分野で利用されています。これは、異なるケーブルを使用すること以外は、ネットワークの構造化配線と同じ原則です。このためのケーブルは、標準的な工作機械用電線で構成され、端子板を使用して接続されます (図 8 を参照)。

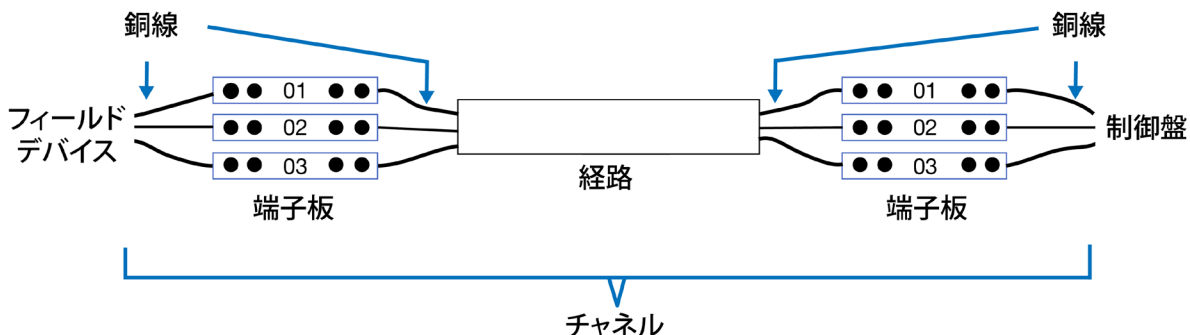


図 8: フィールドバス用の一般的な配線構造

構造化された銅線ネットワークチャンネルは、パッチコードをデバイスに接続し、パッチコードの一方のプラグをパッチパネルのジャックに接続して構成されます。このジャックは、もう片端のジャックまで銅線水平ケーブルで成端されます。図 7 に示すように、パッチコードの片端はジャックに接続され、もう一方の片端はデバイスに接続されて、チャンネルが完了します。この構成は 4 ペアのイーサネットが一般的で、SPE のために同じ効果を得ることができます。

## シングルペア通信ネットワークの検証

シングルペア通信ネットワークがビルディングオートメーションまたは産業用オートメーションで使用されているか、またそれらのネットワークがインターネットプロトコルスタックやシリアルフィールドバス通信を使用しているかどうかにかかわらず、シングルペアネットワークの試験はエンドユーザーにメリットをもたらすことができます。

すべての通信ネットワークでは、イーサネットであれ、フィールドバスであれ、あるいはアナログであれ、電気信号が配線を通して送信され、信号強度の許容できない損失や過大なノイズを生じることなく、受信機に到達することが必要です。S/N 比が大きすぎる場合、アプリケーションは正しく機能せず、データ損失が生じて再送が必要になります。

アクティブな機器とは無関係に配線をテストすることで、ネットワーク上で規格に準拠した機器が動作している場合、10BASE-T1L や Ethernet-APL などのシングルペアのアプリケーションや、より基本的な通信機器を確実にサポートすることが可能になります。

このような方法で配線をテストすることによって、不適合なケーブルやコネクタのほか、(たとえばチャンネル全体で) 取り付け中の施工やトポロジによって生じた問題を特定できます。

IEEE によって作成されたアプリケーション要件は、TIA および ISO のケーブル敷設要件に拡張されました。これらのケーブル要件には、完成したチャンネルや設置を必要とせず、チャンネルの個々の要素をテストする機能が含まれています。これらの設置要件のメリットには、デザインの簡素化、システムのさらなる柔軟性、信頼性の向上などがあります。

ケーブル配線に関するこれらの文書には、規格に準拠したケーブルの設置に追加することができ、なおかつ SPE のサポートを保証するパッチコードの要件も示されています。

これは、前述のようにチャンネルテストの性能が要求されないため、ネットワーク上の機器の設置や操作によってしか容易に評価できない従来のフィールドバスネットワークとは大きく異なる点です。

テストの主な利点には、次のようなものがあります。

- 規格ベースの相互運用性
- 用途または機器のサポートの保証
- 性能の文書化
- 保証の提出
- やり直しおよび施工コストの削減
- 遠隔電力レベルの確認
- 高周波数で動作する将来の通信基準へのシステムの拡張

## テストのベストプラクティス

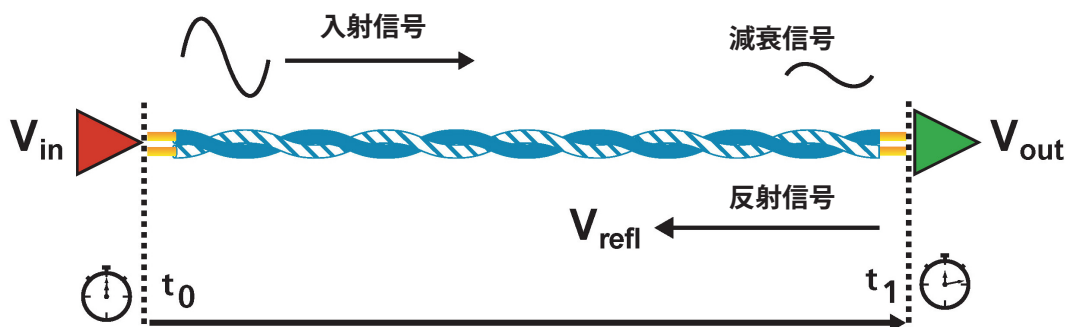
ケーブル配線が SPE をサポートすることを確認するためには、TIA-5071/IEC 61935-4 の要件を満たす校正済みテスターを使用して、アプリケーションに必要なリンクまたはチャネル仕様に従ってケーブル配線の性能を試験する必要があります。

テスターは、動作を保証するために必要な関連するすべての送信パラメーターを測定するほか、材料や製造上の欠陥箇所を特定するため、ネットワークの試運転やトラブルシューティングに必要な時間が少なくなります。

ケーブル性能は、ケーブル仕様をシステムの電气的特性に整合させることによって最適化されます。考慮すべき要素はいくつかありますが、最も重要なものの 1 つはインピーダンス整合です。取り付けられたケーブルは、送信側または受信側の電子機器に接続されるシステムの一部となります。インピーダンス整合により、電子機器が信号をやり取りするための最適な経路がケーブルによって提供されることが保証されます。インピーダンス整合が適切だと、電力伝送が最大化され、歪みや信号損失が最小化されます。あらゆるネットワークで最適に機能する唯一のケーブルはありません。最適なケーブルは、システム設計に整合したものととなります。

インピーダンス整合は、多くの試験方法によって検証できます。挿入損失 (IL) および反射減衰量 (RL) 試験は、元の信号と伝送される信号を比較し、その差をデシベル単位で測定して出力するものです。これらの試験は、ケーブルが使用される周波数範囲全体で実行されます。帯域幅が増加するにつれて周波数範囲も増加するため、これは重要なポイントです。これらの種類の試験は、構造化配線の手法を使用し (「構造化配線」のセクションを参照)、適切なテスト機器を使用する (「テストのベストプラクティス」を参照) ときに現場で実施できます。これらの試験は、システムを設置した際の実際の性能を示すものです。アクティブな機器とは無関係にケーブルをテストすることで、適合する機器を使用するときのシステム性能が保証されます。これは将来のトラブルシューティングとネットワーク拡張のベースラインとして役立てることもできます。物理レイヤーの適切な設計とテストにより、システムの性能を当て推量することがなくなります。今日使用されている多くのプロトコルは、物理レイヤーについて類似した要件があるため、今後他の用途で活用することができます。これは適切な設計と検証テストによってのみ実現できます。

## シングルペア伝送パラメーター



**挿入損失:**  $\left[ \frac{V_{in}}{V_{out}} \right]$  障害: 過剰な長さ、高周波数または高温、過大な反射減衰量、ワイヤー寸法が細すぎる、ケーブル設計の不良。

**反射減衰量:**  $\left[ \frac{V_{in}}{V_{refl}} \right]$  障害: ケーブルとコネクタ、ジャックとプラグ、またはケーブル間でのインピーダンスの不整合、コネクタでの撚り戻し、接続の配置が近い、非対称の撚り、高抵抗の接点、ケーブルまたはコネクタ設計の不良。

**伝搬遅延:**  $t_1 - t_0$  障害: 過剰な長さ、ケーブル設計の不良。

### 横方向変換損失 (TCL):

同一ペアのコモンモード (CM) 電圧と、同一ペアのディファレンシャルモード (DM) 電圧の比。TCL は、ペアのバランスが良好に保たれているか、外部ノイズに対する耐性があるかどうかを示します。

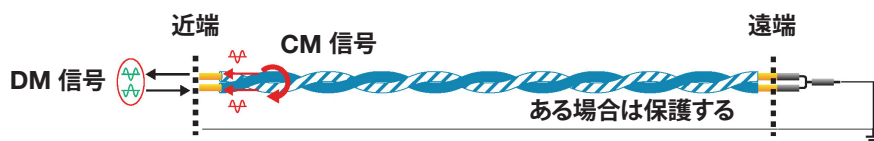


図 9: ツイストペアケーブルの一般的な伝送パラメーター



## 配線の計画と使用

SPE では、ケーブルの施工方法を変えないので、施工済みの従来ケーブルの種類によっては再利用できる可能性が高まります。これにより、小型のフィールドスイッチをエッジデバイス (HVAC、機械、安全) に直接接続でき、試運転が素早く簡単に行えるため、プロジェクトの完成が早まります。

既に設置済みのケーブルをテストすることをお勧めします。元の仕様で SPE 要件が考慮されていない場合、テストが不可欠です。ケーブルの再利用に固有のリスクは、特に産業環境の場合、設置済みケーブルの電気的および機械的な正常性です。たとえば、SPE 要件が考慮されていないフィールドバス設備で IEC 61158-2 タイプ A ケーブルを使用した場合、このケーブルは SPE に対応することができます。ただし、フィールドバス設備に使用されているコンポーネントが問題を起こす場合もあります。フィールドテストにより、ネットワークが稼働する前にそれらの問題が見つかるため、トラブルシューティングのダウンタイムのリスクが除去されます。

APL エンジニアリングガイドラインなどの一部の規格では、テストによって従来の配線が新しい仕様に準拠していることを確認する必要性が明確に強調されています。

「受入試験中に、配線の整合性を測定して、今後の使用と計画のために  
文書化する必要があります。」

- イーサネット APL ネットワークの計画、設置、  
および試運転 - バージョン 1.0



## まとめ

シングルペアイーサネット (SPE) は、既存のアナログ、シリアル、および従来の通信アプリケーションを統合型イーサネットネットワークに進化させるための重要なテクノロジーです。このテクノロジーには、機器を始動する前の物理レイヤーの検証に役立つ物理レイヤーのテスト規格が付属しています。

SPE は、ケーブル構造の類似性とフィールドバスの動作評価から、フィールドバスケーブルのアプリケーションとの後方互換性が期待できる結果を示しています。このデータから、SPE ケーブルはフィールドバスの新規展開に使用でき、イーサネットベースのシングルペアシステムへの移行を将来にわたって保証できることがわかります。

従来のフィールドバス配線は SPE 配線と構造が似ていますが、SPE で発生する高周波数での使用を想定して設計されてはいません。SPE アプリケーションにアップグレードを行う前に、設置済みのフィールドバスケーブルの再利用の実現可能性をテストする必要があります。ケーブル配線インフラストラクチャのテストを行うことで、設置時間とネットワークのダウンタイムが削減されます。ケーブル製造元とテスト機器の提供者と連携して、準拠性とアプリケーションの保証を確立するような適切なテストを実行することが重要です。



**Fluke Networks  
World Headquarters**

6920 Seaway Boulevard  
Everett, WA 98203

電話: 425-446-4519



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ストラクチャ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](http://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](mailto:jpn-toiawase@panduit.com)**

**電話番号: 03-6863-6060**

本稿は、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](http://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  
電話: 800.777.3300

PANDUIT EUROPE LTD.  
英国、ロンドン  
[cs-emea@panduit.com](mailto:cs-emea@panduit.com)  
電話: 44.20.8601.7200

PANDUIT SINGAPORE PTE.LTD.  
シンガポール共和国  
[cs-ap@panduit.com](mailto:cs-ap@panduit.com)  
電話: 65.6305.7575

PANDUIT JAPAN  
日本、東京  
[cs-japan@panduit.com](mailto:cs-japan@panduit.com)  
電話: 81.3.6863.6000

PANDUIT LATIN AMERICA  
メキシコ、グアダラハラ  
[cs-la@panduit.com](mailto:cs-la@panduit.com)  
電話: 52.33.3777.6000

PANDUIT AUSTRALIA PTY.LTD.  
オーストラリア、ビクトリア  
[cs-aus@panduit.com](mailto:cs-aus@panduit.com)  
電話: 61.3.9794.9020