

CoaXPress over Fiberによる CoaXPressのメリットの拡大

ドナルド・ウェイド

CoaXPress over Fiber (CXPoF)は、CoaXPressプロトコルを変更することなく、光ファイバを含む標準的なイーサネット接続上で実行できるようにするために設計された、アドオンである。

CoaXPress (CXP) は、カメラとホストPCの間の高スループットのデータ転送に用いられる、非対称のポイントツーポイントシリアル通信規格である。ドイツのシュトゥットガルトで開催されたVISION 2008で初めて発表された後、数年の策定期間を経て2011年に正式な規格となった。CoaXPressは、日本インダストリアルイメージング協会 (JIIA) によって、同協会と欧州マシンビジョン協会 (European Machine Vision Association : EMVA) および米オートメーション推進協会 (Association for Advancing Automation : A3) の間のアライアンスの下で提供されている。

CoaXPressのカメラ、PC、フレームグラバの間の物理媒体は、75Ωの同軸ケーブルである。しかし、本稿で説明するように、光ファイバによって100、200、さらには400ギガビット毎秒 (Gbps) へと伝送帯域幅が拡張されて、その状態はまもなく変わる可能性がある。

進化する規格

同規格の最初のバージョンは、CXP-6だった。これにより、1本の同軸ケーブルで最大6.25Gbpsのデータ転送が可能になった。ただし、8B10B符号化方式のオーバーヘッドにより、

実効データレートは5.0Gbpsである。リンクアグリゲーションを使用すれば (通常は2本または4本のリンクを使用)、GigE Vision、Camera Link、USBなど、当時の他のどのインタフェースよりも高速だった。CXP-6には速度以外にも、より高精度なトリガや、長いケーブル長、さらには、データ、制御、電力 (Power over CXP : PoCXP)、通信の1本のケーブルへの統合など、多数の新しいメリットが取り入れられた。CXP-6はほどなくして、高速半導体検査、有機ELの欠陥検出、3D自動光学検査、高度交通システム (ITS)、生物医学研究など、要件の厳しい用途に対して理想的であることが、実証されることとなった。

同規格の最新バージョンであるCoaXPress 2.1は、2021年2月にリリースされた。このバージョンには、10Gbps (CXP-10) と12.5Gbps (CXP-12) という、元のバージョンの帯域幅を実質的に2倍にする、2つの新しい速度が追加されている。CXP 2.1プロトコルは、1本 (single) から2本 (dual) または4本 (quad) へとケーブルを拡張することが可能であるため、4レーンのリンク構成を使用すると、1台のクワッドリンクカメラで最大50Gbpsの帯域幅を確実に実現することができる。この構成の欠点は、最大ケーブル長が

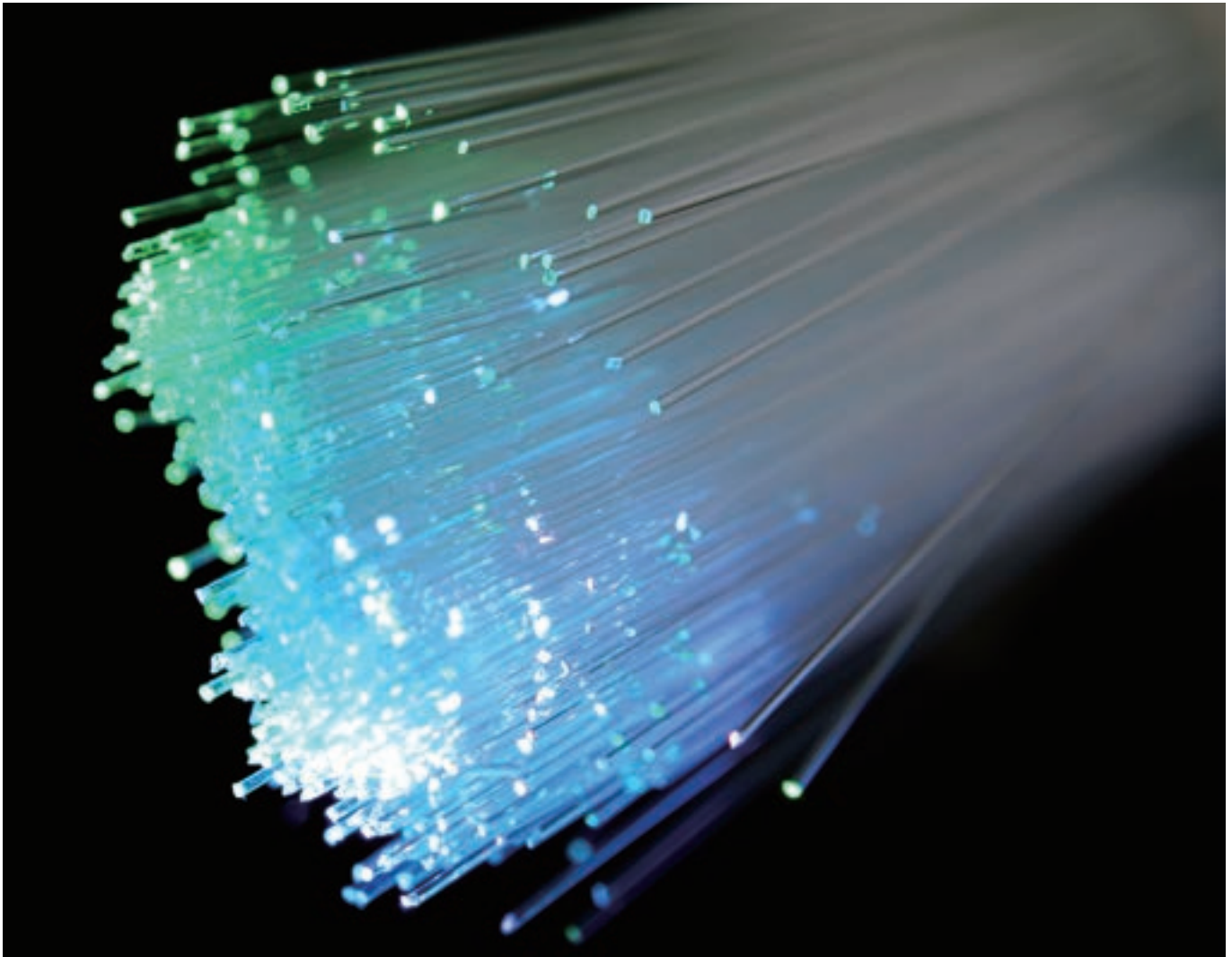
わずか35mであることで、そのために50Gbpsでの伝送は短い距離に制限される。

CoaXPress 2.1ではさらに、アップリンク速度が2倍になっている他、コンポーネントベンダーやユーザーの組み込み作業の簡素化を支援するために、汎用プログラミングインタフェース規格であるGenICamと汎用データコンテナ規格であるGenDCのサポートが追加されている。また、CXP-6規格で採用されていたプッシュプル式のDINコネクタに加えて、新しいコネクタタイプとしてMicro-BNC (HD-BNC) が追加されている。

CoaXPress over Fiberの概要

CoaXPress 2.1にはさまざまなアップグレードに加えて、CoaXPressプロトコルを変更することなく、光ファイバを含む標準的なイーサネット接続上で実行できるようにするために設計された、アドオンが提供されている。このアドオンは、CoaXPress over Fiber (CXPoF) と名付けられている。基本的には、上述のCoaXPressのほぼすべてのメリットを継承しつつ、それに光ファイバケーブルの性能上のメリットを組み合わせたものである。

CXPoFの重要な特徴は、イーサネットのレイヤ1を使用することである。レ



レイヤ1とは、ネットワークインタフェースの間でデータを物理的に移動させる層である。レイヤ1技術は、ネットワークの最も低いレベルに位置する。そのため、デバイスの中に存在するビットの状態からネットワークを介して伝送可能な信号の状態にデータを変換する、符号化と信号伝送の機能をつかさどる。

重要なのは、レイヤ1によって、ケーブル、コネクタ、ネットワークインタフェースカードなどのハードウェア仕様が定義されることである。従って、レイヤ1のコンポーネントがアップグレードされるたびに、そのアップグレードが帯域幅の増加と価格の低下のど

ちらにつながるものであっても、必ず直接的にCXPoFにメリットがもたらされる。イーサネットベースのコンピュータネットワーク接続の販売規模は、マシンビジョンと比べて非常に大きく、それがコンポーネントの価格低下を促進している。ケーブルやコネクタといったこれらのより経済的なコンポーネントが、CXPoFビジョンシステムの全体的な価格の低下につながる可能性がある。

CXPoFの速度

CXPoFの正味帯域幅は、CXP-12と同じで約40Gbpsである。ただし、そ

の達成に4本のCXP-12リンクと4本の同軸接続を必要とする代わりに、CXPoFは、1つのQSFP+(Quad Small Form Factor Pluggable)トランシーバーモジュールと1本の光ファイバケーブルで、40Gbpsの伝送を行う。

速度が12.5Gbpsから、JIIAが期待する1レーンあたりQSFP28で25Gbps、QSFP56で50Gbpsにまでさらに増加するにつれて、CXPoFは主流の規格になる可能性がある。

ファイバケーブルのメリット

光ファイバはデータを、ガラスまたはプラスチックでできたファイバ素線を通

る光のパルスとして伝送する。数百本の素線を束ねてできた光ファイバケーブルは、グレードの高い銅ケーブルよりも高速に、かつ、はるかに長い距離にわたってデータを伝送する。また、光ファイバは電氣的に絶縁されている。従って放射は生じず、伝送速度の低下やクロストークの発生につながる恐れのある、電磁干渉 (electromagnetic interference : EMI) の影響を受けない。光ファイバケーブルの絶縁性により、接地に伴う問題も解消される。

設置者の観点から、光ファイバケーブルには複数のメリットがある。まず、光ファイバケーブルは熱を放出しないため、火災の危険性がない。2つ目に、引張強度が非常に高いため、破損させることなく、銅ケーブルよりも長い距離にわたって敷設することができる。3つ目は、悪天候、湿気、または極端な温度に対して、同軸ケーブルやイーサネットケーブルと同程度の耐性を備えることである。最後に、光ファイバケーブルは他の種類のケーブルよりも軽量で小型であるため、機械、ロボット、航空機、地上車両に簡単に接続できる。

光ファイバケーブルには、シングルモードファイバ (SMF) とマルチモードファイバ (MMF) の2種類がある。両者の違いはコアのサイズである。MMFはコア径がはるかに大きく、マルチモード、すなわち、複数の「光線」の伝搬が可能である。SMFはコア径が非常に小さく、シングルモードの光しか伝搬できない。一般的に、SMFケーブルは、非常に長距離の信号伝送向けで、より大量のデータをより短い距離で伝送する必要のある用途には、MMFケーブルが使用される傾向にある。CXPoFは、誤りが起きやすいエクステンダを使用することなく、シン

グルモードで最大80km、マルチモードで300mの距離に対応すると考えられている。欠点としては、CXPoFでは、光ファイバケーブルを介して電力をカメラに供給することができない。PoCXPには対応しないが、CXPoFは、CXPプロトコルのすべてのメリットを継承し、それを基に拡張されている。

CXPからCXPoFへのアップグレード

CoaXPressプロトコルの拡張版であるCXPoFは、ハードウェアとソフトウェアに対してGenICam準拠の汎用プログラミングインタフェースを提供し、どのOSにも依存しないため、同軸ケーブルから光ファイバケーブルへのアップグレードを簡単に行うことができる。アップグレードには、CXPoF準拠のカメラとフレームグラバに加えて、光ファイバケーブル、トランシーバー、コネクタが必要である。ベンダー各社は、CXPoFの市場潜在力を認識し始めている。従ってハードウェアの選択肢は、現時点では限られているが、CXPのこれまでのアップグレードと同様に、指数的に拡大することが見込まれる。

CXPoFフレームグラバは、QFSP+対応の光ファイバアセンブリをサポートするファイバトランシーバースロットを備える。アセンブリは最大4本の接続を提供して、1台のクワッドリンクカメラ、2台のデュアルリンクカメラ、または4台のシングルリンクカメラをサポートする。CXPoFフレームグラバは、CXPフレームグラバと同じ HALF サイズの x8 PCI Express Gen 3.0 プラットフォームを使用するため、ホスト PC に

おける交換は簡単である。光トランシーバーモジュールには、受信端と送信端がある。受信部分は光電気変換を行い、送信部分は電気光変換を行う。

1本の光ファイバケーブルで40Gbpsの速度を達成することができる。これは、特に以前はファイバエクステンダが必要だったという場合は、データ伝送に必要なケーブルが少なくなり、ケーブル敷設の複雑さが緩和され、システムコストが低下し、潜在的な故障点が最小限になることを意味する。

CXPoFのユースケース

CXPoFは、新しい領域の可能性を開く。CXPoFのメリットが最初に活用されるのは、高度道路交通システム (Intelligent Transportation System : ITS) や弾道検査など、極端に長いケーブルを必要とする状況や、ノイズの高い工業現場や外的要因に敏感な医療環境のように、カメラとPCの間に電気絶縁が必要となる場合になる可能性が高い。

加えて既に触れたとおり、コストは、CXPoFの導入ペースに大きな影響を与える。CXPoFは、イーサネットのネットワークコンポーネントが使用でき、特にケーブルコストが浮くことになるため、従来の同軸ケーブルと比べてコスト上のメリットがある。例えば、30mの4接続CXP-12の同軸ケーブルは600ドル以上するのに対し、30mのQSFP+AOC (アクティブ光ケーブル) は約125ドルである。このコストパフォーマンスは他のメリットと相まって、CXPoFへの移行をシステムインテグレータに納得させるための十分な理由になるだろう。

著者紹介

ドナルド・ウェイド (Donal Waide) は、米ビットフロー社 (BitFlow) のセールス担当ディレクター。
URL: www.bitflow.com