

マルチカメラアプリケーションにおける GigE Vision インタフェースの活用

ツシャント・チャー

カメラをPCカードとともに使用する場合のカメラインタフェースには、複数の選択肢がある。それぞれのインタフェースに、独自の長所と短所がある。

カメラをPCカードとともに使用する場合のカメラインタフェースには、複数の選択肢がある。現時点で多く採用されているのは、USB 3.0、CoaXPress 2.0、ギガビットイーサネット (GigE) である。それぞれのインタフェースに独自の長所と短所があり、いずれも応用分野と使用シナリオによっては、適切な選択肢となり得る。本稿ではマルチカメラシステムを対象に、そうした長所と短所について解説する。また、マルチカメラシステムに最適なインタフェースを特定し、マルチカメラシステムにおける最も重要なコンポーネントであるPCカードについても説明する。PCカードは、使用するカメラまでのインタフェースとなるもので、円滑に画像収集と伝送を行って、アナログカメラ信号をデジタル変換することを目的に、PCに差し込んで使用する。

さまざまなカメラインタフェース

CoaXPress (CXP) は2008年にリリ

ースされ、近年は産業用画像処理の新しい標準規格となっている。CoaXPress インタフェースを使用すると決めた場合は、CXP-12 インタフェースカードまたはCXP-12 フレームグラバの使用が自動的に必要となり、価格や技術設計の面でいくつかの相違点が発生する。フレームグラバのほうが、前処理やその他の画像処理機能を備えるので、技術的にはより高度である。多くの用途に対し、複数のカメラを使用する場合でも、より安価なインタフェースカードで通常は十分である。

CoaXPress インタフェースは、高速または高解像度のリアルタイム動作を必要とする用途に最適である。CoaXPress 2.0は高いデータレートと低い遅延を提供するため、これを使用すれば、最新のイメージセンサ機能をフルに活用して、各用途において最大限の性能を達成することができる。このインタフェースの長所としては、CoaXPress 対応コンポーネントをプラ

グアンドプレイ方式で接続できること、最大40mのケーブル長で非常に高い帯域幅(チャンネルあたり12.5Gbps)が得られること、1本のケーブルでデータ伝送と電源供給が行えることなどが挙げられる。使用されているカメラにフレームグラバ技術を組み合わせることにより、マルチカメラシステム(カメラは4台までに限定)においても、非常に正確なカメラ同期を非常に低い遅延で行うことができる。ただし、このインタフェース技術に必要となる、フレームグラバなどの個々のコンポーネントは、コストが高い。また、CoaXPressカメラは、USB 3.0やGigE対応のコンパクトなカメラに比べると、サイズが大きい傾向にある。

2013年初頭にリリースされたUSB3 Vision規格は、USB 3.0を産業用画像処理に適したものにするために必要なすべての要素を定義するものである。コネクタやケーブルの特性に加えて、USB 3.0デバイスとUSB 3.0対応ソフトウェアの間の通信についても定められている。USB 3.0は民生市場において広く普及しているため、現在提供されているハードウェアの大多数がUSB 3.0をサポートする。このインタフェースの長所としては、350Mbpsを超える高い帯域幅、フレームグラバを別に購入するための追加コストが不要であること、プラグアンドプレイで接続できるハードウェアが幅広く提供されていること、CPU負荷が低いことが挙げられる。PCから最も小さなPCカード



図1 マルチカメラシステム用の高解像度カメラ(本稿の写真と図はバスラー社提供)。

に至るまで、ほぼすべての新しいデバイスに、USB 3.0接続が組み込まれている。ただし、この規格は8mまでの短いケーブル長しかサポートしない。もう1つの短所は、マルチカメラシステムには対応するが、最大帯域幅が個々のカメラによって制約されることである。これにより、4台を超えるカメラを備える複雑なマルチカメラシステムを実装するのは難しい。

ギガビットイーサネット (GigE) は2006年にリリースされ、産業用画像処理において確立された規格となっている。実装件数では、産業用カメラのインタフェース技術として現在最も急速に成長している。GigEの人気の理由は、いくつかの主要な問題を効果的に解決する能力にある。ケーブル長の制約という旧式のインタフェースに共通する問題は、GigEには存在せず、それがマルチカメラシステムに対する長所となっている。

複数のカメラを1台のPCに接続する作業も、はるかに容易に、かつ、コスト効率よく行うことができる。また、このインタフェース技術は、従来のITで広く採用されているため、この技術に関するノウハウも標準コンポーネントも豊富に存在する。GigEは既に、マルチカメラシステムが使われることの多い、生産からインテリジェントな交通システムに至るまでの数多くの画像処理分野において、最も多く利用されている。

このインタフェースの長所は、マルチカメラシステムのインフラがシンプルで、ハードウェア要件が最小限となること、1Gbps～10Gbpsのデータ伝送レートが可能で、さらに高い要件に対応する拡張性を備えること、フレームグラバが必要ないことである。カメラは、配線を追加して Precision Time Protocol (PTP) を利用することなく、同

互換性のあるPCカードを選択するためのヒント

- ・ PCのオンボードのホストコントローラが周辺機器によって既に占有されている場合は、誤動作を回避するために専用のPCカードを用意することが推奨される。
- ・ 製造元によって試験済みで認証済みのドライバを使用する。
- ・ PCカード上の専用チップセットにより、演算処理を削減することができる。
- ・ カメラに直接電力を供給するPCカードも存在する。これにより、ケーブルだけでなく、電源アダプタも不要になる可能性がある。

期動作及びリアルタイム動作が可能である。最大ケーブル長は100mで、Power over Ethernet (PoE)による1本のケーブルを介したデータ通信と電力供給も可能である。ケーブル長は、追加のネットワークコンポーネント (スイッチなど)の接続によって、さらに延長することもできる。短所は、画像収集に必要なCPU負荷が、一般的に約10～15%になることである。ただし、マシンビジョン向けに最適化されたドライバや設定を使用することにより、CPU負荷を3～8%に抑えることができる。

GigE Visionを採用する場合のカメラ台数とPCカードの組み合わせ

上述の3つのインタフェース技術のうち、一般的にマルチカメラシステムに最も適しているのはGigE Visionである。インフラがシンプルで、ケーブル長が最大で、コスト効率が高いため

である。しかし、複数のカメラを使用するには、適切なポート数とデータ伝送レートを備えるPCカードが必要である。従来のPCにはGigEポートが1つしかないことが多く、その1つが通常はマシン制御に占有されるため、そのようなPCカードはマルチカメラシステムに必須の要素である。また、マシンビジョンカメラには、接続されているポートのフル帯域幅が必要である。従って、ポートの帯域幅の観点から、複数のカメラを分配器 (通常はスイッチ) で結合してPC上の1つのポートに接続する方法は、うまくいかない。上述のPCカードは、1つのポートで高い帯域幅を提供することもできるため、この問題に対する解決策となる。

1個、2個、または4個のポートを備える1ギガビットのGigEインタフェースカードが、マシンビジョン用のPCカードとして一般的に使用される。非常に稀なケースだが、さらに多くのポ

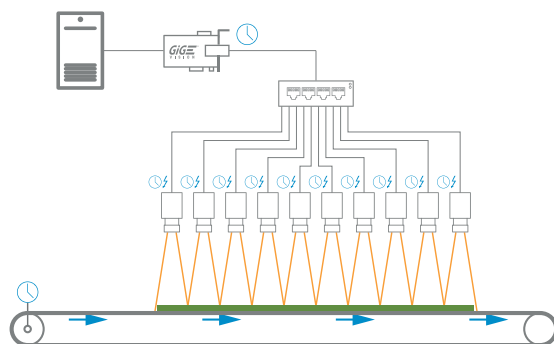


図2 インタフェースカードにより、システムの複雑さが緩和される。

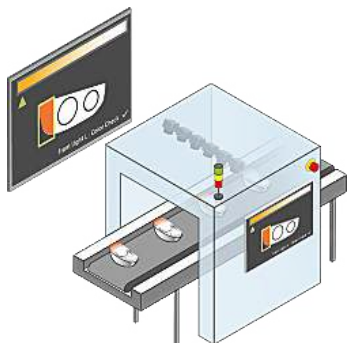


図3 多数(最大100台)のGigEカメラにより、物体が全側面から撮影される。

ートを備えたインタフェースカードを使用することも可能である。つまり、1つのインタフェースカードによって、システム障害の要因になり得る追加のネットワークコンポーネントが不要になり、システムの複雑さを大きく緩和することができる。また、PoE機能によって、1本のケーブルによるデータ/電力供給が可能で、用途に対して「複雑な」電源を用意する必要がなくなる。従ってシステムは、USBカメラの設定と同じように簡単に扱える上に、GigEインタフェースのその他の長所も備えることになる。

1ギガビットのインタフェースカードに加えて、10ギガビットのインタフェースカードも市場に提供されており、例えば、10台の1ギガビットカメラをフル帯域幅、すなわち、フル速度で動作させることができる。スイッチを接続することにより、10台を超えるカメラで構成される設定を構築することも可能である。また、高速インタフェース技術を採用する産業用カメラメーカーは既に増加しており、近い将来のさらなる増加が見込まれている。1ギガビット以上のカメラを、対応する10ギガビットのインタフェースカードとともに使用することにより、カメラのフル性能を活用することができる。マシンビジョン要件を満たす5ギガビット

のインタフェースカードは現時点で存在しないため、そのような状況に対しては多くの場合、10ギガビットのインタフェースカードが使われており、そのカードには下方互換性が求められる。しかしこれは欠点ではない。例えば、2つのポートを備えた10ギガビットのインタフェースカードならば、複数のGigEカメラをフル性能で使用することができるためである。

応用シナリオ

GigEカメラをマルチカメラシステムで使用すれば、さまざまなシナリオに対応できる。まず、カメラが1~4台の場合は、トリガケーブルによってカメラに電力を供給することができるため、インタフェースカードのPoE機能はもはや不要ということになる。その一方で、5~8台のカメラが使用されている場合は、ソフトウェアによってトリガが制御され、インタフェースカードのPoE機能が使用されるため、1本のケーブルだけでカメラに電力を供給できるということになる。ソフトウェアによるトリガは当然ながら、カメラが4台以下の場合でも使用できる。しかし、カメラが4台以下の場合、システムはそれほど複雑ではないため、トリガケーブルを追加してPoE機能は使用しないのが、一般的である。

ポートが1つの10GigEインタフェースカードと10GigEスイッチを組み合わせる場合は、最大10台の1ギガビットカメラを使用することができる。同様にして、2個のポートを備える10GigEインタフェースカードには、最大20台のカメラを接続することが可能である。以下では、上述の応用シナリオが理論的に動作可能というだけでなく、ユーザーによって実際に実装されていて、一般的に利用されていること

を示す、使用事例を紹介する。

使用事例

3D三角測量、スポーツやモーション関連の用途、品質検査、組み立てラインなど、多くのカメラアプリケーションにおいて、複数のカメラを使用した画像収集が一般的に必要となる。

例えば、サッカーの試合のゴールの瞬間をとらえるには、正確に定義された時間的瞬間に複数の画像を取得することが非常に重要である。プロのサッカー試合用に特別に設計された、ある高性能な動画及び統計分析プログラムでは、3台のGigEカメラを使用して、フィールドをインチ単位でキャプチャする。続いてプロプライエタリなソフトウェアによって、3枚の画像をシームレスに結合することにより、コーナーフラグで囲まれたフィールド全体を網羅する、1枚の高解像度でリアルタイムのビューが生成される。これによって、フィールド全体を網羅する超高解像度動画が得られる。パンとズームの機能も提供されており、ユーザーは表示された動画を自由に操作することができる。

スポーツ関連の別の使用事例として、あらゆるレベルのテニスプレーヤーが試合スキルを向上できるように支援する、カメラベースでコンピュータ制御のテニス解析システムがある。このシステムは5台のカメラを使用して、試合やトレーニングセッションのすべての側面をデジタル的に記録する。カメラは、ボールとプレーヤーのすべての動きをとらえて記録し、各ショットを自動的に分類する。

定期的な線路検査は、鉄道交通の安全を確保するための重要な作業である。現代的な鉄道会社によって採用されている多くの検査手法のうち、線路の記

録画像に基づく超音波検査は、特に効果的で有望な方法である。検査を行うための検査車両には4台のGigEカメラが装備されており、上面と側面から線路を検査して、欠陥の有無を確認する。

マルチカメラシステムは、列車の品質管理と、走行列車の個々の車両と車輪の欠陥の確認を行うためにも使用される。この応用事例では、線路上を毎時50～60kmで走行する貨物列車の欠陥を、3台のGigEカメラによって検査する。1台のカメラは路床上、残り2台は線路脇に設置されている。制御室では専門家が、取得した画像を慎重に確認することにより、車体底面と車輪に欠陥や傷がないかどうかを調べる。GigEインタフェースを備えるカメラを採用することにした決定的理由は、長いケーブルが使用できることだった。これによって、検査システムと制御室の間の簡単な接続が保証される。

ある車載アプリケーションでは、ソフトウェアによって画像を解析し、物体の寸法をチェックして、必要なすべてのコンポーネントが揃っていることを確認する。検査環境は、壁、床、天井に多数(最大100台)のGigEカメラが設置された、暗室またはキャビネットである。フロントフレームなどの検査対象物が、生産ラインからこのキャビネットへと搬入される。キャビネット内では、最適に設計された照明を使用して、カメラによって物体がすべての側面から撮影される。

各カメラとLED照明の各セグメントは、正確に定義されたサイクルに従って処理を実行するため、この撮影処理には数秒の時間しかかからない。PoEインタフェースは、必要なケーブルの数を減らし、保守と設置を簡素化する。GigE伝送を介して、単一のソフトウェアコンポーネントによって数十台の

カメラが制御される。高速な電子シャッター速度は、1秒未満の単位までプログラム可能で、高速に移動する生産ライン上の効果的なイメージングアプリケーションが実現される。

インターネット取引やリーン生産が普及して、ますます効率的な付加価値チェーンが登場するこの時代において、商品を迅速かつ適時に配達することの重要性は、かつてないほどに高まっている。迅速で信頼性の高い物流は、付加価値プロセスのすべての領域において、効率化を図るすべての企業にとって、重要な要素である。自動化システムは、商品の発送と配達や、材料準備プロセスのスピードと信頼性の向上に、ますます貢献している。GigEインタフェースを使用すれば、最大100mのケーブル長に対応できるというのは、この応用シナリオに非常に適した性質である。また、マルチカメラシステムを大型倉庫において高い効率で使用することにより、さまざまな処理を最適化することができる。

小売分野でも、信頼性の高いカメラ技術が求められている。カメラシステムは、自動回収機(RVM)や現金自動支払い機など、さまざまな方法で利用することができる。マルチカメラシステムによって、顧客の数と行動を記録することも可能である。例えば、小売分野ではカメラを使用して、顧客(女性または男性)が、どの場所に長くどまるか、どのポスターを長く眺めるか、どの商品に時間をかけているか、どの商品を見逃して通り過ぎるかを追跡することができる。

小売業者は得られたデータを使用して、店舗内の商品の陳列を最適化し、究極的にはより多くの購買者を惹きつけることができる。また、レジ担当者がいない自動支払機で顧客が会計を済

ませる、セルフチェックアウトシステムを導入する動きも加速している。さまざまなカメラによって、顧客の認証と決済が処理される。GigEインタフェース技術は、マルチカメラシステムのシンプルなインフラと、この応用分野で求められる長いケーブル長という両方の需要に、理想的に合致している。

今後の展望

GigEは、ケーブル長とマルチカメラ機能の面で、最大限の技術的柔軟性を備えたインタフェースである。従って今後も、多くの種類の用途において重要な役割を担い続け、マルチカメラシステムを使用するユーザーにとっての第1の選択肢になるだろう。このことから、そうしたシステムで使用されるインタフェースカードが、用途全体において非常に重要になってくる。GigEカメラとインタフェースカードを選択して使用する際には、GigE Vision規格をよりどころとして、これに準拠することによって、システムの適切な品質を保証することが重要である。マシンビジョン分野の高い要件を満たすために、試験済みで認証済みの製品を使用することが不可欠である。

しかし、「万人の要件を満たす」究極の産業用カメラソリューションは、存在しない。GigE、USB、CoaXPressはおそらく集約的には、将来のインタフェースの大きな割合を占めることになるだろう。しかし、どのインタフェース技術が最も適しているかは、用途によって異なる。

著者紹介

ツシャント・チョー (Zuschant Chugh) は、独バスラー社 (Basler AG) のツールボックス及びアクセサリ担当製品マネージャーで、ケーブル、PCカード、周辺機器、アクセサリの各製品カテゴリーを担当している。

URL: www.baslerweb.com

VSDJ