

プロセス監視をターゲットとする 高速カメラ

ネイサン・コーエン

高速生産ライン上の機械のトラブルシューティングを行うために、産業分野では高速フレームレートのカメラが用いられている。

多くのマシンビジョン用途において、製造した製品の検査に、カメラ、照明、コンピュータ、ネットワークシステムが使用されている。例えば、缶詰食品、ボトル、エンジン部品、電子サブアセンブリに対し、ラベルの向き、充填量、バーコードが正しいかどうかや、部品の有無を検査する場合がある(図1)。

このような製品の生産率を上げるには、洗練された機械式コンベアと不良品排除メカニズムによって、製品を生産ライン上に高速に流さなければならない。製品は非常に高速に製造されるため、この装置に故障や誤動作が生じると、生産ラインの停止、修理、再開が必要になり、多額のダウンタイムコストが発生する。故障に関連する障害を直ちに特定することができれば、より迅速に故障を修理してダウンタイムコストを抑えることができる。障害を特定するために、メーカーは製品の特長検査に加えて、コンベアや排除機構の監視にも高速ビジョンシステムを利

用している。

統合システム

複数の企業が現在、このような処理を行う統合システムを製造している。マシンビジョンシステムを実装する際のどの側面についても言えることだが、使用するシステムを選択する作業は、対象用途に大きく依存する。生産ラインの速度や、監視対象のプロセスによって、システムに採用すべきマシンビジョンカメラの種類、カメラインタフェース、トリガ機構、ホストコンピュータ(または「イベントレコーダ」)、照明は、それぞれ異なる。

おそらくそれよりも重要なのは、障害が発生した場合に、オペレータがシステムのユーザーインタフェースを使用して、障害の要因を直ちに特定し、関連する作業現場の担当者に報告できることである。

一般的な監視システムでは、イベントレコーダに接続された1台または複

数のカメラによって、一連の高速画像が撮影され、機械装置の故障要因を診断するために解析される(図2)。

このような構成において、カメラまたはイベントレコーダを通してシステムがひとたび稼働すると、画像は後で再生および解析できるように、あらかじめ設定されている時間だけ保存される。高速イベントを監視する場合は、複数の異なる方法でシステムをトリガすることができる。何らかの理由で高速ボトル詰めラインが故障した場合は、生産ラインを流れるボトルの数が削減される。

システムの検出機能

このようなイベントの検出には、さまざまな種類のセンサが使用されるが、最も一般的なのはおそらく光電センサだろう。このセンサは、投光部から発射した光と受光部に到達した光の強度の違いを検出する(図2)。独ペッパーアンドフックス社(Pepperl+



図1 缶詰食品、ボトル、エンジン部品、電子サブアセンブリに対し、ラベルの向き、充填量、バーコードが正しいかどうかまた、部品の有無を検査する場合がある。そのための高速生産システムそのものも、機械的な故障が発生していないかを診断するために監視する必要がある。

Fuchs)などの企業から、光電センサが提供されている。検出された連続パルスを測定することにより、生産ライン上を通過するボトル数のカウントにも、このセンサを利用することができる。パルス周期が著しく変化した場合は、PNP/NPN信号を出力してカメラまたはコンピュータをトリガするように、センサをプログラムすることができる。

光電センサには、透過型、回帰反射型、拡散反射型、カラー型など、多様な種類が存在し、そのすべてが、高速生産ライン上に発生し得る、任意のスプリアスイベントの検出に利用できる。こうした機械に故障が生じると、装置の振動レベルが増加する場合がある。そこで、振動解析システムを使用することにより、生産装置の状態を確認することができる。

装置の変位、速度、加速度を測定するセンサによって振動レベルを監視し、そのセンサ出力を一連の想定値と比較することにより、出力に基づいてカメラまたはコンピュータをトリガすることができる。米ハンスフォード・センサ社(Hansford Sensors)などの企業は、この用途向けのセンサを製造している。

光電センサ、振動センサ、音響センサのすべてが、画像撮影シーケンスの起動に利用できるが、カメラからの情報もこの目的に利用できる。比較的シンプルなアルゴリズムによって撮影画像を解析し、何らかの変化があればシステムをトリガすることが可能である。例えば、画像のグレースケール値を解析し、一連の既知の基準値と比較することができる。あるいは、入力画像間のピクセル単位の差異を基準画像と比較して、その差異が規定範囲を超える場合は、システムによって記録されている画像シーケンスをトリガすることができる。

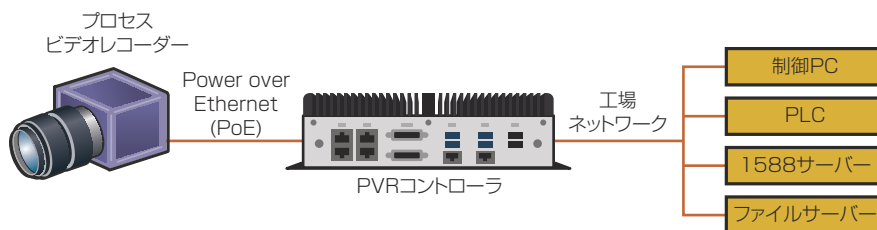


図2 一般的な監視システムでは、イベントレコーダに接続された1台または複数のカメラによって、一連の高速画像が撮影され、機械装置の故障要因を診断するために解析される。

遅延の低減

このようなシステムを開発する場合、どのようなセンサ/カメラを選択しても、センサ/カメラがイベントを検出してから、画像記録シーケンスが開始されるまでの間に、必ず遅延が生じることを認識することが、システムインテグレータにとって非常に重要である。この遅延には、画像シーケンスを起動するのが、カメラとイベントレコーダのどちらのI/Oトリガであるかによって、マイクロ秒レベルから数ミリ秒までの開きがある。

この遅延を低減するために、多くのシステムでカメラI/Oが使用される。イベントレコーダやプログラマブルロジックコントローラ(PLC)を使用すると、割込みをポーリングして、カメラに対するトリガ信号を生成するために必要な時間によって、遅延が長くなるためである。ここで、最小遅延は、ソフトウェアを介して入力をポーリングし、カメラに対するトリガを生成して、撮像シーケンスを開始するために必要な時間によって決まる。

同様に、カメラそのもの、または、



図3 記録および再生ソフトウェアを使用して、ユーザー設定可能な再生速度で、記録イベントを確認することができる。

イベントレコーダやPLC上で実行するソフトウェアを使用した、撮影画像の検出と解析によっても、遅延はさらに増加する。撮影、画像解析、出力信号の生成という一連の処理が必要になるためである。このような理由から、カメラを使用したシステムのトリガは、より複雑になりがちで、システム遅延が大きくなる。

カメラの選択

このようなシステムの設計において、カメラのトリガ方法と同等に重要になるのが、使用するカメラの選択である。高速撮像用に設計されているカメラは、特定用途に非常に特化している場合が多い。例えば、弾道特性や自動車衝突試験などの用途に対しては、最速のカメラインタフェースを使用したとしても、1024×1024ピクセルのCMOSセンサーで画像シーケンスを取得することはできない。

そこで、米ビジョン・リサーチ社 (Vision Research) や米フォトロン社 (Photron) などのカメラ企業は、「Phantom V2512」や「Fastcam SA-Z」などのカメラを開発している。1280×800×12ビットのピクセルと1024×1024×12ビットの画像データを、それぞれ最大1万fpsと2.5万fpsの速度で撮影することができる。これによって、数百ギガビットのデータがカメラによって取得される。

このような画像を取得するには、ギガバイトレベルのオンボードメモリがカメラに搭載されていなければならない。画像シーケンスを撮影して保存し、モーション解析ソフトウェアで後から解析できるように高速インタフェースを介して転送するためである。そのようなインタフェースは一般的に、GigE または10GigE規格に準拠する傾向に



図4 インパーエクス社は、LEDストロボ照明の設置を簡素化するためのLED PoEリングライトを提供している。この設計において、リングライトの電力は、PoEインタフェースから供給され、カメラから直接トリガすることができる。

ある。

高速カメラに対してGigEインタフェースが選択されるのには、複数の理由がある。まず、GigEインタフェースは拡張可能で、現時点でGigE、10GigE、40GigE、100GigEが利用できる。2つめは、最大100Gbits/sの広帯域幅もサポートする予定のCoaXPress (CXP) などの規格とは異なり、カメラをコンピュータに接続するための高額なPCベースのフレームグラバーが不要で、システムコストが抑えられることである。また、CXPベースの規格では最大ケーブル長が約70mであるのに対し、GigEに基づいて実装すれば、カメラとコンピュータの間のケーブルを100mまで延長することができる。

カメラベンダー各社は現在、GigE Visionの機能を活用することにより、オンボードのカメラメモリがなくても画像データを保存できる、低コストで

高速なカメラを販売し始めている。これらのカメラは、非常に高速な用途にはまだ利用できないが、それよりも要件が低い工場プロセス監視の用途に導入され始めている。

米インパーエクス社 (Imperx) の「B0620」は、例えば、解像度640×480、PoE (Power over Ethernet) 対応のCCDベースのGigEカメラで、同社の「Ethernet/IP Process Video Recorder (EIPVR)」イベント記録システムに接続して、動画を250fpsならば最大60秒間、より低速なフレームレートであればそれ以上記録することができる。動作時に画像が自動的に記録システムに保存され、同社の記録および再生ソフトウェアを使用して、ユーザー設定可能な再生速度で、記録イベントを確認することができる (図3)。従ってこのシステムを利用すれば、高額で特殊な高速カメラや、さらに値の張るCoaXPressベースのソリューションを導入することなく、生産ラインの停止をなくし、機械装置のトラブルシューティングを行うことができる。

250fpsで画像を撮影し、画像がぼやけないようにするために、ストロボLED照明が使われることが多い。この場合、ストロボの発光をカメラの露光時間と適切に同期させなければならない。これを行うために、専用のストロボ照明がメーカー各社から提供されている。例えば、インパーエクス社は、そのようなLEDの設置を簡素化するためのLED PoEリングライトを提供している。この設計において、リングライトの電力は、PoEインタフェースから供給され、カメラから直接トリガすることができる (図4)。

著者紹介

ネイサン・コーエン (Nathan Cohen) は、米インパーエクス社 (Imperx) のビジネス開発担当。
URL: www.imperx.com