

Ethernet を用いたリアルタイム非圧縮画像伝送 ～ FPGA 用 GigE Vision® 対応プラットフォームの開発～

細山 正美 土屋 広幸
田中 尉浩 清水 和之

近年、ギガビットイーサネットの普及により、リアルタイムで非圧縮の画像を伝送する帯域が確保できるようになった。特に産業用カメラではGigE Vision*1) が Camera Linkの次世代技術として注目を浴びている。このような状況を踏まえ、OKI情報システムズ(以下、OISという)では、GigE Visionに対応したFPGA用のIP開発、およびIPを制御するためのホストコンピュータ用ソフトウェアを開発した。本論では、FPGA用GigE Vision対応プラットフォーム(以下、OIS GigE Vision IPという)として紹介する。

GigE Visionとは

GigE Visionは、AIA (Automated Imaging Association : 北米のマシンビジョン業界団体) によって定められたイーサネット技術をベースにUDPの上に構築され、UDPの信頼性向上を実現するプロトコルであり、広帯域でイーサネット通信するカメラインタフェース標準である。

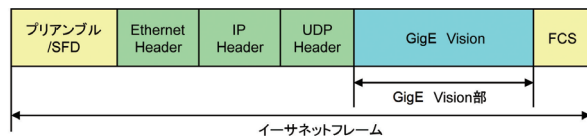


図1 イーサネットフレーム構成

システム構築上の必要なコンポーネントは非常に安価に入手することが可能である。また、現行のカメラインタフェースに比べ、ケーブル長の制限を大幅に延ばすことが可能である。

次にGigE Visionのメリット、デメリットについて述べる。

【メリット】

- ・広帯域でリアルタイムに非圧縮画像を転送することが可能。
- ・標準のネットワークカードを使用することが可能。
- ・低コストで標準的なLANケーブルを使用することが可能。

* 1)GigE VisionR 及びそのロゴマークは AIA (Automated imaging Association) の登録商標または商標です。

- ・ケーブル長は100mまで伸ばすことが可能。
(中継機器を経由することにより無制限に伸ばすことが可能)

【デメリット】

- ・画像受信するホストコンピュータにある程度の性能が要求される。
- ・パケットの到着時間が確定できない。

GigE Visionは、大きく4つの機能から構成されている。各機能の概要を述べる。

【デバイス自動検索】

デバイスのIPアドレス設定(固定IPアドレス、DHCP、Link Local Addressの3つの方法)とネットワークに接続されているデバイスの検索を行う機能である。

【デバイス制御プロトコル】

コマンドによって、検索したデバイスの設定(UDPのパケットサイズの制御、カメラの設定、ストリームチャンネルの制御、メッセージチャンネルの制御手順等)やデータ転送の信頼性を向上するための制御を行う機能である。

【画像伝送プロトコル】

デバイスから送られてくる画像データ等をホストコンピュータで受け取るために使用される機能である。

【ブートストラップ】

デバイス固有の設定情報を保持し、次回起動時、保持した情報を使用し設定する機能である。

GigE Visionを使用したアプリケーションは、主にマシンビジョン系の半導体、工業用製品の良/不良検査や医療用画像機器などに適用可能である。

OIS GigE Vision IP

OIS GigE Vision IPは、FPGA用のIP (ハードウェア+ファームウェア)、およびホストコンピュータのソフト

ウェアで構成される。

FPGA用のIPは、大きく3つのパーツで構成される(図2)。

【HW-IP 部/送受信パケット制御部】

ハードウェアのIP部である。入力画像データに対し GigE Vision プロトコルに従いストリームパケット (以下、GVSPパケットという) の生成を行う GigE Vision UDP オフロードエンジン(以下、GV-UOE という) を搭載する。

また、GigE Vision プロトコルの制御パケット (以下、GVCPパケットという) の送受信、及びその他の制御パケット(ARP/ICMPなど)の送受信を行う。

【HW-IP部/画像データ読書き制御部】

ハードウェアのIP部である。画像データをGVSPパケットとして送信する為、外付けメモリを画像フレームバッファとして利用する。

書込制御部は、画像フレームバッファの書き込みバンクの制御を行いながら画像データの画像フレームバッファへの書き込みを行う。

読出制御部は、ホストコンピュータからの指示に従い、画像フレームバッファの読み出しバンクの制御を行いながら画像フレームバッファからGVSPパケットとして送信する画像データの読み出しを行い、送信パケット制御部へ伝送する。

【Gigabit EMAC部】

Gigabit Ethernet MAC(以下、GEMACという)にはFPGAベンダのIPを用い、データリンク層の制御を行う。また、GMII PHY I/F部で外付Gigabit Ethernet PHYとGEMAC I/Fの変換を行う。

【System部】

FPGA内蔵ソフトCPU及びCPU周辺部である。このCPUにファームウェアのIP部として、“GV-UOEドライバ、GEMACドライバ、GigE Visionプロトコルスタック”を実装する。CPU周辺部のメモリコントローラ、Camera制御用UARTコントローラなどにはFPGAベンダ標準IPを使用する。

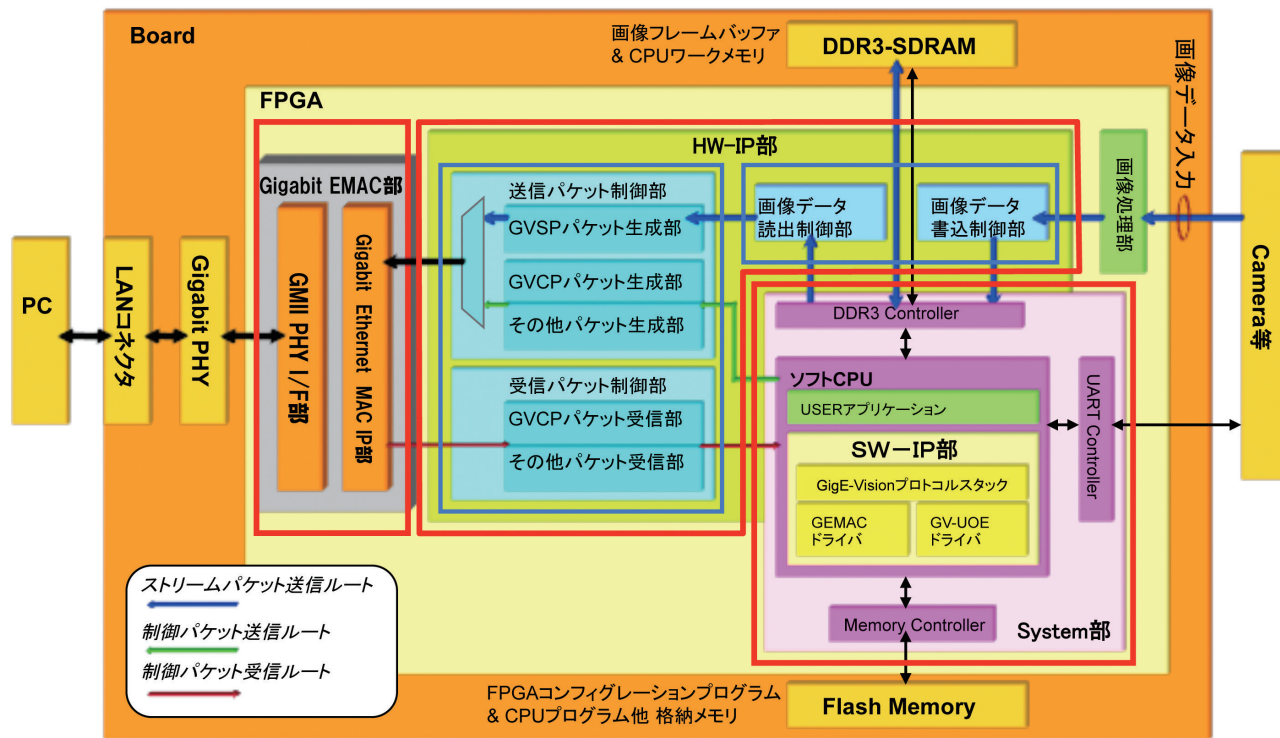


図2 FPGA 構成

ホストコンピュータのソフトウェアは、大きく3階層で構成する(図3)。

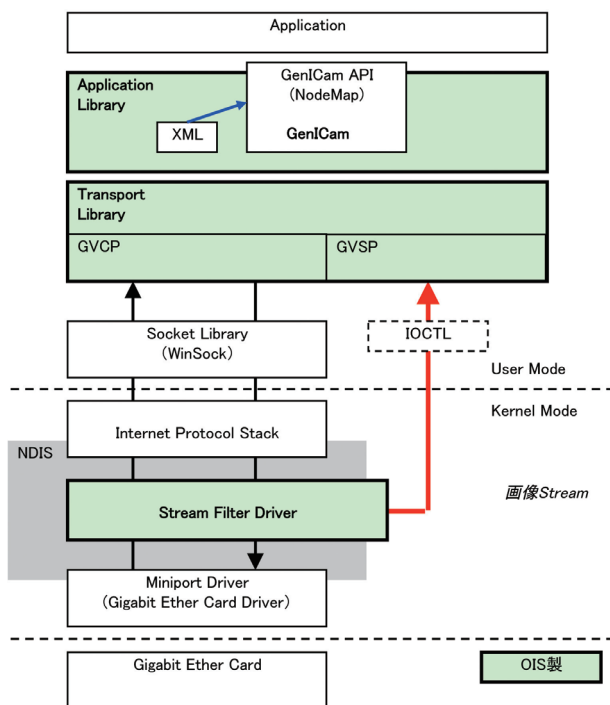


図3 ソフトウェア構成

【Stream Filter Driver】

カメラから送られる映像Streamの受信制御を行う。

カメラから送られる映像Streamを素早く切り離して、Internet Protocol Stackを介さずに直接Transport Libraryに転送することにより、受信率の向上、及びCPU負荷低減が可能である。

Stream Filter Driverは、ネットワークドライバスタックのFilterドライバとして動作するので、多くのGigabit Ether Cardで使用可能である。

【Transport Library】

GigE Visionのプロトコル制御を行う。

【Application Library】

アプリケーションとのインタフェース制御を行う。

Application Library内でCamera Description File (XML)を解釈したGenICam API(NodeMap)を経由して、カメラ制御を行うことが可能である。

OIS GigE Vision IPを使用した時のパフォーマンスを表1に示す。ホストコンピュータには、Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E8400 @ 3.00GHz (2 CPUs)、Intel(R) 82567LM-3

Gigabit Network Connectionネットワークカードを搭載したものを使用し、OSにはWindows® 7 32bitとWindows® XP 32bitを使用している。

表1 GigE Vision IP パフォーマンス

OS	画サイズ	Mbps	CPU 使用率
Windows7 (32bit)	720P	988 RGB8 (24bit)	36%
Windows XP (32bit)	720P	988 RGB8 (24bit)	38%

OIS GigE Vision IPの特徴

OIS GigE Vision IPの特徴について述べる。

【低クロック CPU で高速伝送】

FPGAへの搭載用として、FPGA内蔵の低クロックで処理能力の低いソフトCPUを使用し、高速伝送を実現するため、ハードウェア処理とファームウェア処理の機能分担の最適化を行うことで高速伝送を実現。

【低紛失なパケット転送】

UDPプロトコルでは救済されないパケットロスによる画像パケットの紛失をGigE Visionプロトコルで救済し紛失を低減するが、この救済による低紛失なパケット転送の実現は、画像格納メモリに保持できる画像フレーム数に依存する。

そのため、メモリ使用効率の良い画像フレーム格納バンク管理が必要であり、画像サイズ毎に画像フレーム格納のバンクサイズ・バンク数を可変にし、画像サイズに応じて、画像フレーム格納バンクの分割の最適化を行う機能を搭載。

【イーサネット経由のプログラム書換え機能】

量産製品を意識し、ホストコンピュータからイーサネット経由でCPUのファームウェア等を格納するフラッシュメモリを書き換える機能を搭載。

【ホストコンピュータの高受信率】

広帯域でのGVSPパケット受信を可能とするため、ホストコンピュータ用ソフトウェアは、GVSPパケットの受信にOSのインターネットプロトコルスタックは介さず、独自のFilter Driverを用いることにより、高受信率を実現。

【GigE Vision ロゴ取得】

GigE Visionのロゴ（図4）を継続使用するためにはAIA主催 GigE Vision Plug Festに参加し、他社製品との相互接続試験を行い、ロゴの継続使用条件を満たす必要がある。2011年 GigE Vision Plug Fest(開催地：ドイツ シュトゥットガルト)に参加し、ロゴの継続使用権を取得。



図4 GigE Vision ロゴ¹⁾

OISのGigE Vision IPのデモ（写真1）の様子である。

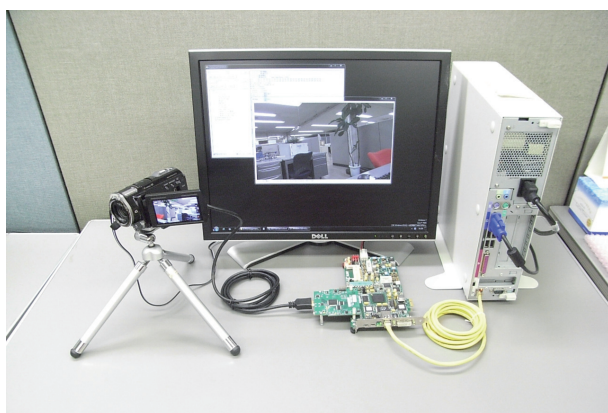


写真1 GigE Vision IP デモ

デモ環境では、市販されているFPGA評価ボード²⁾上のFPGAにOIS GigE Vision IPのFPGA用IPを実装し、画像データはHDビデオカメラから取り込み、画像データをGVSPパケットとして送信している。画像データであるGVSPパケットの受信は、市販されているパソコンにOIS GigE Vision IPのホストコンピュータ用ソフトウェアをインストールすることで、受信したGVSPパケットの画像データをリアルタイムで画像表示している。

あとがき

GigE Visionはヨーロッパではマシンビジョン・カメラインターフェースとして普及しており、日本でも今後市場拡大が見込まれている。

今後は、標準化動向およびカスタマー要求などに合わせ柔軟にブラッシュアップを行っていく予定である。◆◆

* 2) 市販 FPGA 評価ボードは XILINX 製 Spartan-6 FPGA SP605 評価キットを使用。

参考文献

1) Automated Imaging Association : <http://www.visiononline.org/>

筆者紹介

細山正美：Masami Hosoyama 株式会社OKI情報システムズ メディアソリューション事業統括部IPプラットフォームBU

土屋広幸：Hiroyuki Tsuchiya 株式会社OKI情報システムズ メディアソリューション事業統括部IPプラットフォームBU

田中尉浩：Yasuhiro Tanaka 株式会社OKI情報システムズ メディアソリューション事業統括部IPプラットフォームBU

清水和之：Kazunori Shimizu 株式会社OKI情報システムズ メディアソリューション事業統括部IPプラットフォームBU