

佐野 誠, 藤原義也, 植本邦彦\*, 青木誠司\*, 中塩武之

Development of Electronic and Mechanic Equipments Applied FPGA Devices  
 SANO Makoto, FUJIWARA Yoshinari, UEMOTO Kunihiko, AOKI Seiji and NAKASHIO Takeyuki

We developed a communication protocol conversion system between an industrial robot and a general-purpose image processor each of which has different communication protocols. In order to convert communication protocols, a Peripheral Interface Controller (PIC) is used, which is easy to design and handle. We developed an emulator to debug instruments connected to a personal computer through a serial port (RS232C).

This research also confirmed that using PIC has a great advantage in cost performance and in size compared to using a personal computer as intermediation. We also designed a communication protocol conversion system with Verilog-HDL to develop one with FPGA devices.

キーワード：通信プロトコル変換, PIC, FPGA, ハードウェア記述言語, Verilog-HDL

## 1 緒 言

生産ラインにおける産業用ロボットの制御には様々な方法があるが、画像処理装置をロボットの目として利用し、ワークの形状、位置、傾き等の情報を得てハンドリングすることは、正確な位置決めを不要とするのでシステムの簡略化や作業者の作業軽減にもつながる。

このときロボットと画像処理装置で相互の通信プロトコルが異なる場合には、そのままでは通信できないのでプロトコル変換する必要がある。

これを実現する方法として、パソコンを利用してソフトウェアで相互のプロトコルを変換することが考えられるが、通信プロトコルを変換するだけの目的でパソコンを設置することは、生産現場ではコストの点などで負担となる。

そこで本研究では、ワンチップマイコンを搭載した小型の通信プロトコル変換装置を開発した。また、開発装置のシリアル通信デバッグを、ロボット、画像処理装置間の実機環境下になくともパソコン上で行えるようにエミュレータソフトも作成した。

プロトコル変換を実現する別の方法として、FPGA (Field Programmable Gate Array) を活用して装置開発すると、プロトコル変換機能に加えて周辺の制御回路も含めてワンチップ化することができるので、コストの低減や省面積化、回路の秘匿性の向上につながる。また所望のボーレート制御回路を設計できるなど利点が多い。

先に述べたワンチップマイコンを搭載した装置開発と並行して、代表的な HDL (Hardware Discription Language:ハードウェア記述言語) である Verilog-HDL により同等のプロトコル変換機能を持つ回路設計も行った。

## 2 マイコン搭載プロトコル変換装置の開発

### 2.1 シリアル通信

本研究で取り組んだロボットと汎用画像処理装置は、RS232C の電気的 / 物理的規格に基づいたシリアルデータ通信を行う。<sup>1)</sup>

RS232C は非同期のシリアルデータ通信で、モデムとパソコンとのインターフェイスなど広く利用される通信方式である。

非同期モードでのデータ通信は、データの単位毎 (5 ~ 8 ビット) にスタートビットとストップビット、パリティビットを付加して送受信

表 1 送信フォーマット

項 目	ロボット	画像処理装置
1送信ビット数	8	8
パリティ	奇数	奇数
ボーレート	4800	9600
ストップビット	1ビット	1ビット
ハンドシェイク	なし	なし
コマンド	Aメ-カ独自	Bメ-カ独自

\* (株)サンエイエンジニアリング

する。同期信号は伝送せずに、スタートビットによって受信データのサンプリングを確定する方式である。表1に今回対象とした、産業用ロボットと汎用画像処理装置の非同期モードの主な送信フォーマットを示す。

## 2.2 通信プロトコル

一般に通信プロトコルは、データ転送手順とメッセージ形式(コマンド/データ形式)を取り決めたものである。プロトコル変換はこの手順・形式を送信側の手順・形式から受信側の手順・形式に変換するものである。

図1に一般的な通信プロトコルを模式的に示す。概要を説明する。

- ・送信側は受信側に対して送信要求を出す。
- ・受信側は受信可能な場合、送信可を通知する。受信できないときは送信不可を通知する。
- ・送信側は送信可を受信するとデータを転送する。
- ・受信側はデータを正常に受信した場合、正常受信を通知する。正常に受信できなかった場合は受信不可を通知する。
- ・送信側はデータ出力が終わると終了を通知する。

図2に通信プロトコルの変換の様子を示す。通信プロトコルの変換は、このデータ転送手順やメッセージ形式を変換することである。

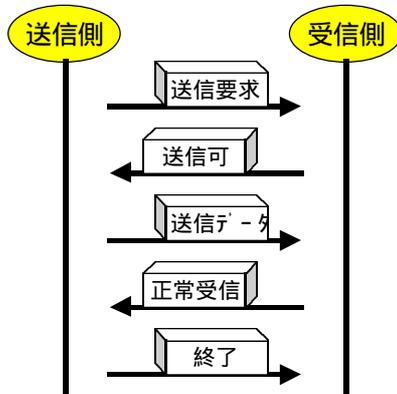


図1 一般的な通信プロトコル

## 2.3 通信プロトコル変換装置の開発

本研究では、Microchip Technology社のワンチップマイコン PIC(Peripheral Interface Controller)を使って、アセンブラでプロトコル装置を開発した。

PICは8ピンのICの中にマイコン機能が一通り納まっているような小規模なものから、USART(Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)、AD変換などの周辺機能

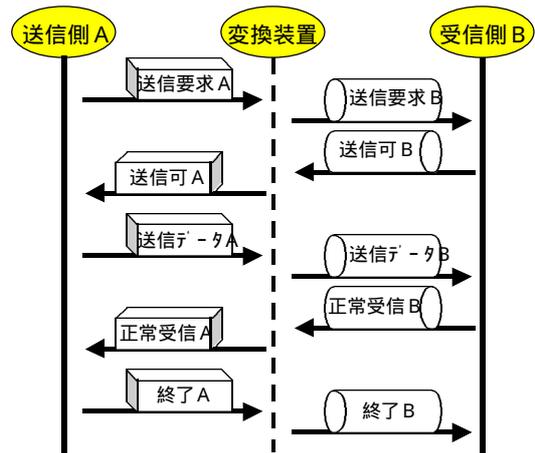


図2 通信プロトコルの変換

を内蔵したもので様々なタイプが用意されている。USARTモジュールは、ボーレート発生器、サンプリング回路、非同期トランスミッタ、非同期レシーバなどの要素を持っておりプロトコル変換における通信制御に適している<sup>2),3)</sup>。今回はこのUSART機能を内蔵したPIC16F873を使用した。

図3に装置間との構成図を示す。写真1にPICを搭載したプロトコル変換装置の外観を示す。

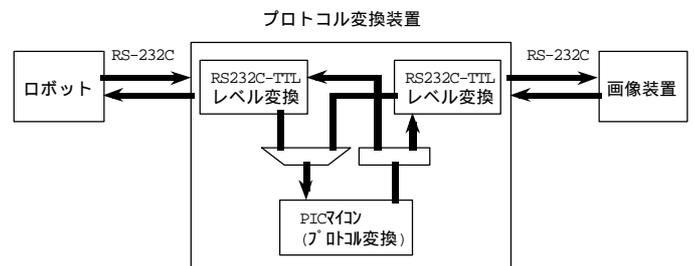


図3 ロボット、画像処理装置との構成

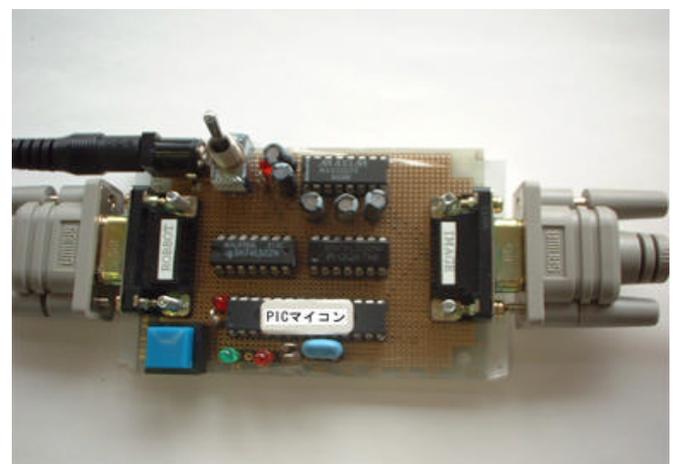


写真1 通信プロトコル変換装置

### 3 エミュレータソフトの開発

Microsoft 社製の Visual Basic は、コーディングが比較的容易であるので Windows アプリケーションの開発に導入しやすい。さらに Visual Basic 6.0 Professional Edition 以上には、コミュニケーションコントロール (MSComm) が添付されていて、これを利用すればシリアルデータ通信を容易にコントロールすることができるので、ロボットや画像処理装置等の実機環境下でない場合でも、パソコン環境下で開発装置の動作確認ができる。<sup>4)</sup>

図 4 に作成したソフトウェアの通信接続設定画面の一部を、図 5 にデータトレースの結果の一例を示す。



図 4 通信接続設定の一例

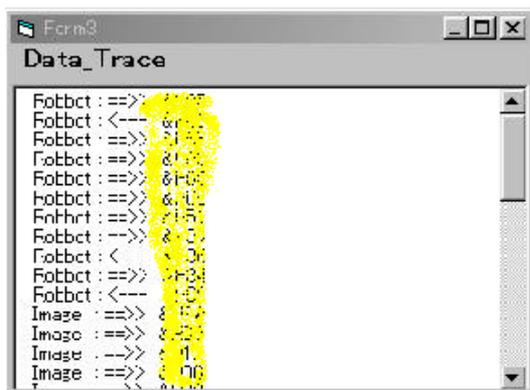


図 5 データトレース画面の一例

### 4 HDL によるプロトコル変換回路の設計

今回プロトコル変換装置を開発するにあたっては、USART 機能を持った PICF873 を利用することにより効率的な開発を短期間に進めることができた。

PICF873 等のマイコンを活用した変換装置は、データセクタやスイッチ回路などを外付け回路で実現することになる。緒言でも触れたが、プロトコル機能を Verilog-HDL で設計しておけば、これらの周辺回路も合わせて FPGA によりワンチップ化させたり、様々なボーレートに対応させるように調整できるなど利点が多い。そこで PIC による開発と並行してプロトコル変換回路を Verilog-HDL で設計した<sup>5)</sup>。

図 6 に Verilog-HDL 設計のための全体ブロック図を示す。ロボットおよび画像処理装置の入出力は RS232C レベルの信号なので、FPGA のインタフェースには、TTL レベルとのレベル変換回路が必要になる。

プロトコル変換の概要をそれぞれのモジュールの機能とあわせて説明する。

I/F\_CONT はロボット (画像処理装置) から出力されたスタートビットを検出すると、ボーレートを調整しながらデータをシリアル/パラレル変換して IN\_REG に取り込む。

PC は 1 送信データ (仮にデータ数 8 bit) 毎にパリティチェックを行い、エラーが発生すれば I/F\_CONT, SEQ に通知する。

R\_SC (I\_SC) は、それぞれの規則に従い 1 通信毎にサムチェックを行う。エラーが発生すれば SEQ に通知する。

R\_DEC (I\_DEC) は、転送データをコマンド部、データ部に分解し、コマンド、データをそれぞれの規則に従ってデコードする。

CONV, I\_ENC (R\_ENC) はデコードされたコマンド、データを受信側のコマンド、データに変換する。

I\_SC\_GEN (R\_SC\_GEN) はそれぞれの規則に従い、1 通信毎にサムチェックコードを生成する。

OUT\_REG は変換されたコマンド、データを取り込む。その際スタートビット、ストップビットを付加する。

PB\_GEN は 1 送信データ (仮にデータ数 8 bit) 毎にパリティビットを生成する。

I/F\_CONT はデータをパラレル/シリアル変換して、ボーレートを調整しながら画像処理装置 (ロボット) に出力する。

SEQ は全体のシーケンスを制御する。

### 5 結 言

PIC を活用して、産業用ロボットと汎用画像処理装置の通信プロトコルを変換する小型装置を試作した。

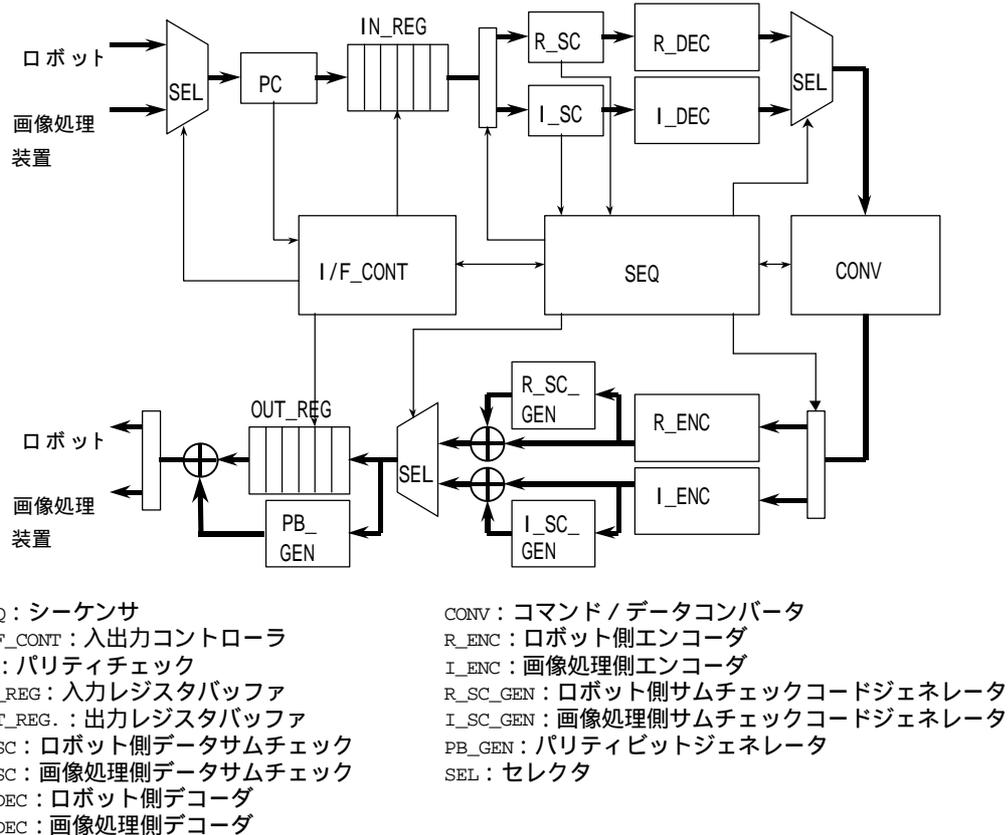


図6 Verilog-HDL 設計のためのブロック図

また、試作装置をパソコン環境下で解析することができる RS232C 通信用のエミュレータソフトを開発した。このソフトを使い、本試作装置をパソコンと接続してデータ解析やステータス解析を行った。

本試作装置をロボットと画像処理装置間に接続して動作確認を行い、画像処理装置の起動や画像データ情報の転送などが期待通りに動作することを確認した。

PIC を活用せずに、FPGA によるワンチップ化や汎用的なプロトコル装置に拡張できるように、Verilog-HDL により同等機能のプロトコル変換回路も並行して設計した。

なお、本研究は広島県地域研究者養成事業に基づき、民間企業から若手技術者の参加を得て実施した。試作装置を基に当企業が詳細設計を行って現在製品化を進めている。

## 文 献

- 1) ハードウェアデザインシリーズ 3「IBMPC と ISA バスの活用法」, CQ 出版社, (1996,5)
- 2) ハードウェアデザインシリーズ 15「PIC マイコン活用ハンドブック」, CQ 出版社, (2001,3)
- 3) 後閑哲也: PIC 活用ハンドブック, 技術評論社, (2000,2)
- 4) 日向俊二: VisualBasic6.0 プログラミング, (1999,3)
- 5) 深山正幸, 北川章夫, 秋田純一, 鈴木正國: HDL による VLSI 設計, 共立出版, (1999,6)