

FPGA/DIMMを実装したPCIカードの作製

2H-5

平野 孝明† 田中 康一郎† 浅野 種正† 有田 五次郎†
 †九州工業大学 マイクロ化総合技術センター
 ‡九州工業大学 情報工学部

1 はじめに

並列計算機を低コストで実現するには現存するコンピュータを用いるマルチコンピュータ環境における実現が挙げられる。しかし、一般的に用いられているNIC (Network Interface Card)をインターフェイスとして用いるとデータ転送にプロセッサ資源を必要とし、効率の良い分散処理が行いにくい。そこで、プロセッサ資源を用いることなくデータ転送が行える共有メモリ型並列計算機を構築するために、制御部、メモリ部を付加した専用NICとしてのPCI (Peripheral Component Interconnect) カードの作製を行った。

2 PCIカードの構成

今回作製を行ったPCIカードの構成を図1に示す。メモリとしては汎用のDIMMを用いており、マイクロプロセッサとのインターフェイスとしては一般的な汎用バスであるPCIバスを用いる。また、制御用デバイスとしてFPGA (Field Programmable Gate Array)を用いることにより、様々なアーキテクチャを試みることが出来る構成とする。以下に各々の選定理由について述べる。

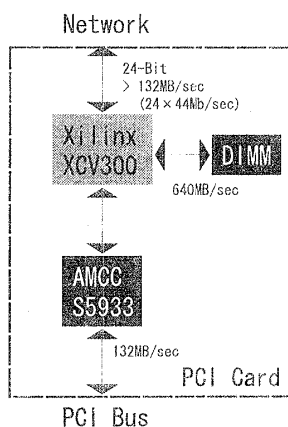


図1: PCIカードの構成

2.1 バスの選定

計算機との接続バスとして現存する多くの計算機に共通するバスとしてPCIバスが挙げられる。VME, S-Bus, ISAなどでは計算機が特定されるため、今回の用途にはPCIバスを採用する。

2.2 PCIコントローラの選定

実現方法としては次の2点が挙げられる。(1)FPGAなどのプログラマブルデバイスを用いる。(2)市販のPCI専用チップを用いる。(1)は、ユーザにより変更可能であるため汎用性が高く、バス幅、電圧、動作周波数などの異なる

A PCI Card Implemented with a FPGA and a DIMM.
 By Takaaki Hirano †, Koichiro Tanaka †, Tanemasa Asano † and
 Itsujiro Arita † (†Center for Microelectronic Systems, Kyushu
 Institute of Technology. ‡Department of Artificial Intelligence,
 Kyushu Institute of Technology., 680-4 Kawazu, Iizuka, Fukuoka
 820-8502, Japan)

るPCI規格をサポートできるなど多くの利点を持たせることができるが、転送速度、安定動作、開発環境においてはPCI専用チップを用いるほうが有利である。そのため今回は市販PCI専用チップであるAMCC社のS5933を採用する。このチップは、PCIバスマスタとして動作することができ、PCI規格Rev.2.1(5V,33MHz)に準拠しており、現存する多くの計算機(EWS,PC)において使用可能である[1]。

2.3 メモリの選定

構成方法としては次の2点が挙げられる。(1)メモリチップを直接基板上に実装する。(2)メモリモジュールをソケットにより実装する。(1)は、様々なメモリチップから所望のものを選び、専用の設計ができるため、高性能なメモリ環境が構成できるが、反面拡張性に乏しい。(2)は汎用の規格のものを用いることにより、高い拡張性で提供できる。一般的なメモリモジュールとしては、パーソナルコンピュータのメインメモリに用いられているRIMM,DIMMなどが考えられる。RIMMは高速なメモリモジュールであるがインターフェイス部分に専用の回路が必要である。そのため、今回は現在最も使用されているメモリモジュールであるDIMM規格(Rev1.2)を使用する。[2] このDIMM規格のメモリモジュールは、1GBまでの容量に対応しておりPCIバスの転送速度を大きく上回っているため、拡張性の面で優れている。

2.4 制御用デバイスの選定

高い汎用性と高性能が得られるFPGAを使用する。FPGAはこれまでの実績と我々が所有しているEDAツールから、Xilinx社のVirtexシリーズのXCV300を選定した[3]。このXCV300は30万ゲート相当の規模の回路が構成できるため制御回路を実装するには十分な容量がある。入出力端子も260ピンと多く、外部の専用ネットワーク用に入出力30本、出力32本と多数の入出力ピンが得られる。

2.5 専用ネットワーク

現状ではFPGAの入出力30本を用いたバス構造を考えて考察を行う。この場合、3Bytesの転送が同時に行える。転送速度などの向上には更に高出力のバスドライバICを間に用いることやインピーダンス整合を行うことにより、対応できる構成となっている。

3 設計製作

PCIカードの設計は、OrCAD社のCaptureを用いてネットリストを出力し、その結果をOrCAD社のLayout Plusに表1,2に示す条件を用いて自動配線を行い、6層基板の設計を行った[4]。出力されたガーバデータを元にプリント基板の製作を外注した。出来上がったプリント基板に本学において実装を行った。

この際、問題となるのが今回用いたXCV300が端子数との兼ね合いによりBGAパッケージを選定せざるおえないことである。BGA (Ball Grid Array)とはデバイス直下に球状の半田ボールが接続端子として用いられており、半

表 1: 自動配線パラメータ

Parameters	Value
Primary Trach or Clearance	$\geq 0.2\text{mm}$
BGA: Drill	$\Phi 0.3\text{mm}$
BGA: Land	$\Phi 0.6\text{mm}$
Via: Drill	$\Phi 0.3\text{mm}$
Via: Land	$\Phi 0.7\text{mm}$

表 2: 6層基板の各層の設定

Layers	Routing Pass
Top Layer	Vertical
Bottom Layer	Horizontal
Plane1 Layer	Power +3.3V
Plane2 Layer	GND
Inner1 Layer	45° up
Inner2 Layer	45° down

田ゴテでは実装不可能である。今回は表面実装部品のリワーク機を用いて、実装を行い、実験で用いるには十分の結果が得られた。

4 転送速度

4.1 転送速度の見積り

PCI規格 Rev2.1 (5V, 33MHz)はバースト転送の際には、4Bytesを33MHzで転送するので132MB/secとなる。DIMM規格 (Rev1.2)はDIMMを100MHz, CL=2とするとバースト転送(2-1-1-1の5Clocks)で4ワード(1ワード=8Bytes)の転送が行われるので640MB/secとなる。[5]よって、専用インターフェースの転送速度は24bitsの同時転送で、PCIの132MB/secを超えれば良いので、1bitあたり44MHzの転送速度が出れば良い。

4.2 ネットワークの転送速度測定方法

計算機外部に信号を出力するために図3のようにPCIカードの外部出力端子にフラットケーブルを取り付け、もう一方の端を信号がループバックできるように端子間を接続し、転送速度の測定を行った。つまり、2台のPC間を2枚のPCIカード間により、2倍の長さのケーブルにより接続された状態と同等である。

4.3 ネットワークの転送速度測定結果

配線におけるインピーダンスの整合などを考慮せずに測定した結果を表3に示す。

表 3: クロックの違いによる伝送距離

ケーブル長	32MHz	48MHz	100MHz	132MHz
0cm	○	○	○	×
60cm × 2	○	×	×	×

高速で通信を行うためには外部コネクタと専用ネットワーク間に信号増幅用のドライバおよびインピーダンス整合が必要なることが分かる。現状では、96MB/sec (3 Bytes, 32MHz)を1.2mの距離を転送できることが確認できた。

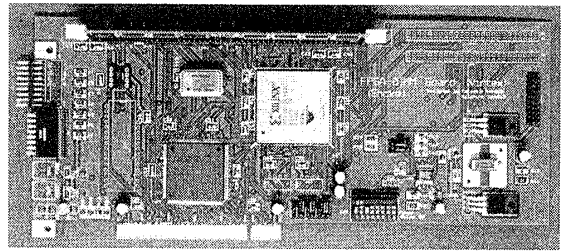


図 2: 作製を行ったPCIカード

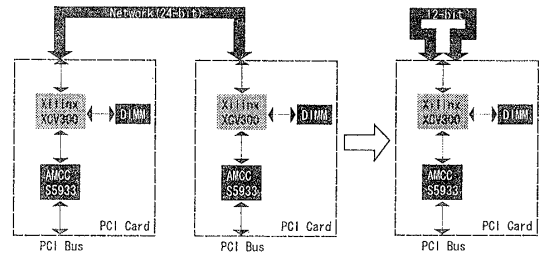


図 3: 速度測定の実環境

5 まとめ

今回作製したPCIカードは、PCI利用した専用NICとしては十分な性能を持っていることが確認できた。また、このPCIカードはFPGAを用いていることから、ハードウェアアクセラレータとして信号処理の分野にも応用できる[6]。さらに、このPCIカードを用いて共有メモリモジュールの研究を行っている[7][8]。

参考文献

- [1] Applied Micro Circuits Corp.: <http://www.amcc.com/>.
- [2] Intel, Inc.: *PC SDRAM Registered DIMM Design Support Document Revision1.2* (1998).
- [3] Xilinx, Inc.: *Xilinx AppLINX CD-ROM* (1998).
- [4] OrCAD, Inc.: *OrCAD Layout for Windows Users Guide* (1997).
- [5] Intel, Inc.: *PC SDRAM Specification Revision 1.63* (1998).
- [6] 田中康一郎, 平野孝明, 浅野種正, 有田五次郎: システムLSI時代に向けたFPGAとDSPによるシステム設計教育, in *Proceedings of The Seventh Japanese FPGA/PLD Design Conference & Exhibit*, pp. 53 - 60 (1999).
- [7] 久家裕司, 平野孝明, 大濱智宏, 田中康一郎, 有田五次郎: FPGA/DIMMを実装したPCIカードを用いた共有メモリモジュールの設計, 若手の会セミナー講演論文集, pp. 15 - 16 (1999).
- [8] 立川純, 林悠平, 大濱智宏, 田中康一郎, 有田五次郎: 分散共有メモリモジュールのためのデバイスドライバの作製, 若手の会セミナー講演論文集, pp. 17 - 18 (1999).