

# フルハードウェアシステムのための TCP/IP スタック回路の開発

打越滉章<sup>†</sup> 五十嵐現生<sup>†</sup> 仲西篤<sup>†</sup> 木村誠聡<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>神奈川工科大学 情報学部 情報工学科

## 1. はじめに

現在の TCP/IP(Transmission Control Protocol / Internet Protocol)と呼ばれる通信プロトコルは様々なところで利用されている。TCP/IP の処理はソフトウェア側で行われており、ソフトウェア側で基本的に TCP/IP を処理することにより CPU(Central Processing Unit)に負荷がかかることが報告されている[1]。それらの負荷の原因としてカプセル化や非カプセル化の処理[2]が挙げられる。そこで文献[1]では TCP/IP をハードウェアで実装することで CPU の負荷の軽減などが見られたことが報告されている。しかしながら、文献[1]の報告ではシステム上ソフトウェアが必須であり、CPU やメモリを必要としない単純なデータの送受信のみを扱うような組み込みシステムに対しては適用できず、CPU レスの TCP/IP 処理が望まれる。

そこで、本研究では TCP/IP 階層モデルのアプリケーション層からデータリンク層までをフルハードウェア化することを試みた組み込みシステム用の TCP/IP スタック回路の開発をする。

## 2. 回路構成

本研究では、フルハードウェア化されたシステムに組み込む Ethernet II[3], IPv4[4], UDP[5], ARP[6]の4つのプロトコルの処理を FPGA(Field-Programmable Gate Array)を用いて開発・実装する。

図1, 図2に送信部, 受信部のブロック図を示す。

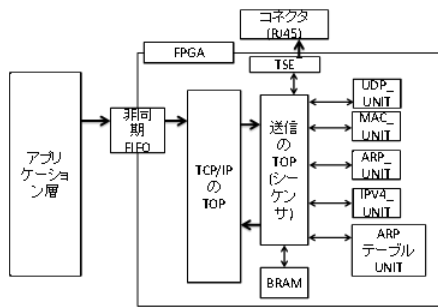


図1 送信部のブロック図

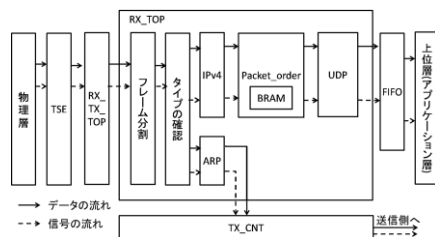


図2 受信部のブロック図

送信部ではシーケンス的に上位層からのデータにヘッダを付与する処理を行っており、受信部では図3のように送られてきたパケットに対してヘッダとデータに分ける処理をスタック的に行っている。

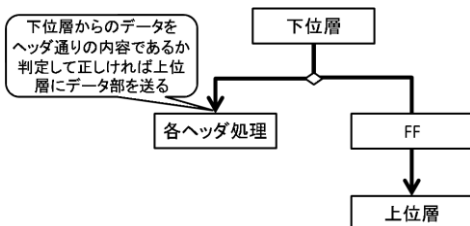


図3 受信部の処理

## 3. 開発環境・実装結果

本研究で用いる FPGA には図4で示す Altera 社の Cyclone IV DE2-115 を用いており、全体の Logic Element は 114K, 内部メモリは約 4Mbit である。開発ツールは Quartus II Web Edition 11.0, パケットキャプチャソフトには Wireshark, 開発言語は VHDL を使用している。

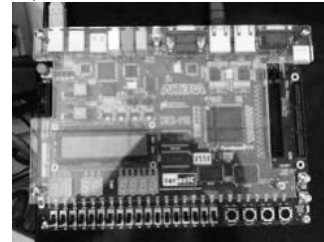


図4 Cyclone IV DE2-115

図1, 図2に示す回路を図4に示す FPGA に実装した結果、Logic Element は 34K, 内部メモリは約 2.6Mbit であり、FPGA の容量的には問題ないことが確認できた。

## 4. 適用例

3.で実装した TCP/IP 回路を組み込みシステムに適用する。図5は Web カメラからの画像データを FPGA によって UDP で送信し、受信側で受信した後、画面に表示する。TCP/IP 回路にはデータ線と制御線合わせて 10bit の配線となり、シンプルな構造であることが分かる。



図5 システムに組み込む実験の実験結果

この際の伝送レートは約 15.7Mbps(181 画素\*181 画素\*8bit\*60Frame)の速度が理論値であり、実験の結果、ネットワーク使用率を確認したところ約 16Mbps の速度が出ていた。結果として図5のシステムにおける TCP/IP の通信回路は問題なく安定的に動作していることを確認した。

## 5. まとめ

Ethernet II, IPv4, UDP, ARP を FPGA に実装し、フルハードウェアシステムに組み込む実験を行った。その結果、正常に動作したため、フルハードウェア化したシステムに組み込んでも問題はないことが確認できた。

## 参考文献

[1] 藤田 琴子, ベルグシュタインナダヴ, 田向 権, 関根 優年, “WEB アプリに用いる FPGA 用 IP:TCP/IP 回路”, 電子情報通信学会技術研究報告 CPSY2011-54, pp. 1-6, 2012.  
 [2] Gene, “TCP/IP の基礎”, 毎日コミュニケーションズ, (2011.2.15)  
 [3] IEEE, “IEEE 802.3 ETHERNET WORKING GROUP”, <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/>  
 [4] Jon Postel, “Internet Protocol”, IETF, RFC791, 1981, <http://tools.ietf.org/html/rfc791>  
 [5] Jon Postel, “User Datagram Protocol”, IETF, RFC768, 1980, <http://tools.ietf.org/html/rfc768>  
 [6] David C. Plummer, “Address Resolution Protocol”, IETF, RFC826,1982, <http://tools.ietf.org/html/rfc826>