

# TCP/IP 通信における送信部のハードウェア実装とプロトコルの実装

Hardware implementation and protocol implementation of the transmission unit in TCP / IP communication

畑山奏多<sup>†</sup> 仲西篤<sup>†</sup> 木村誠聡<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 神奈川県立大学情報学部情報工学科

## 1. はじめに

2016年現在、インターネットの通信はTCP/IPが事実上の標準のプロトコルとして用いられている。一般的に通信プロトコルはOSI参照モデルの7つの階層で規定されているものの、TCP/IP階層モデルは4つの階層となっている。このためOSI参照モデルの複数の階層機能がTCP/IP階層モデルでは統合または複数の階層にまたがっているなどし、OSI参照モデル上における機能が明確に区別されていない。そのため特定の層で問題が起きた場合、影響が広範囲に及ぶ可能性がある。TCP/IPはCPUの関与が大きいパケット通信となっており各層において各種ヘッダ情報が付与または除去されるものの、これらの処理は一般的にCPUによって処理されている。よってTCP/IPによるデータ通信はCPUとソフトウェアの関与が大きく、CPUの負荷が大きい場合には、TCP/IP通信の速度が安定的でないという問題が存在する。文献[1]ではCPUの関与が大きいTCP/IPによる通信プロトコルをハードウェアで実装することにより、CPU負荷の軽減や伝送レートの向上が報告されている。しかしながら、アプリケーション層のハードウェア化は行っていないため、ソフトウェアによるCPU制御が必要となりシステム全体にCPUが必要となる。

そこで、本研究ではソフトウェアを実装しないことを前提にアプリケーション層を含めたTCP/IPの処理をFPGAを用いることでフルハードウェア化することを提案する。本稿では送信部について言及する。

## 2. 研究内容

### 2.1 本研究での実装内容

先行研究である文献[2]では、UDP(トランスポート層)、IPv4(インターネット層)、ARP(インターネット層)、Ethernet(ネットワークインターフェース層)をFPGA上で実装している。

本研究では、TCP/IP処理の送信部のうちUDPのWAN上での動作及び高水準プロトコル部分をハードウェアに実装する。本研究のTCP/IP送信部ブロック図を以下に図1を示す。

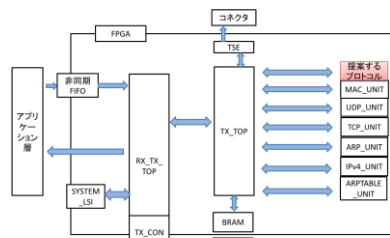


図1. TCP/IPLSI送信部のブロック図

### 2.2 UDPを用いた高水準プロトコルの提案

単純な構成のプロトコルのUDPを用いてOSI参照モデルに完全に準拠した、簡素化しつつ高信頼性も実現可能な新たな高水準プロトコルを提案する。本プロトコルは、UDPの上位層プロトコルであり、UDPに信頼性を持たせるための制御機能を持っている。信頼性を確保するために接続型で構成されており、接続時(図2)とそれ以外(図3)でパケット構成が異なる。更に信頼性を向上させるため再送制御や到達確認、フロー制御を行う。

No.(16bit)	状態フラグ(4bit)	MTUサイズ(12bit)
IPアドレス(32bit)		
送信元ポート番号(16bit)	宛先ポート番号(16bit)	

図2. 接続確立のパケット構成

No.(16bit)	状態フラグ(4bit)	フラグメント(12bit)
------------	-------------	---------------

図3. データ転送, 接続切断のパケット構成

## 3. 実験環境

本研究では、ALTERA社のFPGA Cyclone IVを搭載しているTerasic社のDE2-115を用いて実験を行った。開発ツールとしてALTERA社のQuartusII version11.0を用い、開発言語としてVHDLを使用した。また、ネットワークアナライザとしてWireshark version1.12.2[3]を用いた。図4と図5に実験環境を示す。



図4. WAN実験環境送信側 図5. WAN実験環境受信側

## 4. 実験内容と結果

先行研究である文献[2]では、UDPを用いたLAN上での正常な動作確認をしている[2]。しかしながら、WAN上での動作確認は未確認のため、WAN上で正常に通信を行うことが可能であるかを確認する実験を行う。WAN上で通信を行う際、PPPoEを使用している通信事業者にも対応するため、MTU値を変更して送信を行う必要がある。図6はUDPでの実験結果であり、MTU値を1500byteから1452byteに調整し、32Kbyteのデータに対してIPv4フラグメントを行うことで理論値に近い伝送レートで正しく送信されることが確認できた。



図6. WAN実験結果

## 5. まとめ

本稿ではTCP/IP通信のハードウェア化の実装とOSI参照モデルに準拠した高水準プロトコルを提案した。LAN上での動作確認のみであったUDPを一部改良し、WAN上で動作することを確認した。また、OSI参照モデルに完全に準拠した高水準プロトコルの提案を行い、動作を確認した。

### 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] 打越 混章, 五十嵐 現生, 仲西 篤, 木村 誠聡, “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”, 情報・システムソサイエティ特別企画(2015.3.10).  
 [3] Wireshark, <http://www.wireshark.org/>, (2016.02.09).