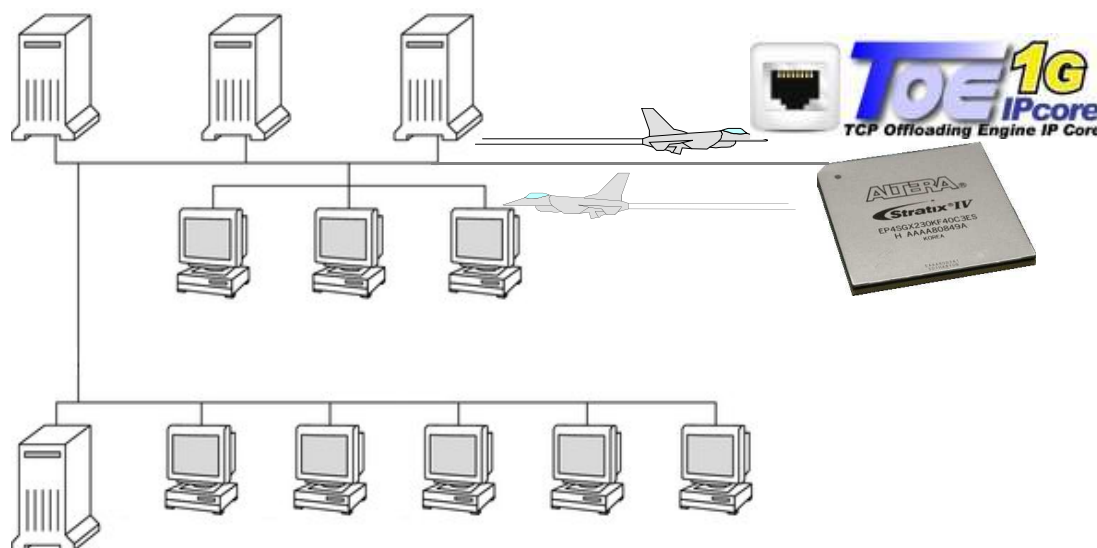


Altera版TOE1G-IP (旧製品名: TOE2-IP) コアのご紹介

Ver1.4J



超高速のTCPを今すぐお届けします

2016/10/20

Design Gateway

Page 1

アジェンダ

- ・ GbEでのTCP/IP実装メリット・デメリット
- ・ TOE1G-IPコアの概要
- ・ コアの動作
 - 初期化
 - 高速送信
 - 高速受信
- ・ ユーザI/F・バッファ容量のパラメタライズ
- ・ リファレンス・デザイン
- ・ リソース例・実機パフォーマンス例



2016/10/20

Design Gateway

Page 2

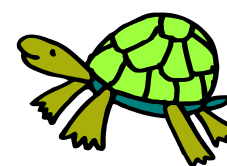
GbEでのTCP/IP実装メリット

- ・ GbE (ギガビット・イーサネット)の実装メリット
 - 理論上限は1Gbpsと高速転送
 - どのパソコンにもGbEのポートが標準で搭載
 - 広く普及し、装置、ケーブルのコストが安い
- ・ TCP/IPの実装メリット
 - イーサネットの標準プロトコル規格
 - データの欠損がなく転送データの信頼性が確保される
 - 多くのOSが標準でプロトコルスタックを持っている



GbEでのTCP/IP実装デメリット

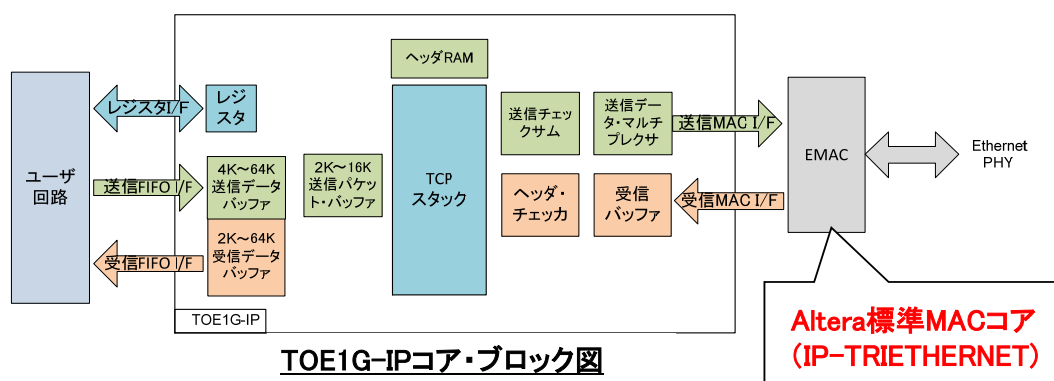
- ・ パフォーマンスが出ない
 - プロトコル処理が複雑
 - 実装には高性能のCPUが必要
 - それでも200~300Mbps程度が実情
- ・ 高性能の外部CPUが必要
 - FPGA内蔵CPU(NiosII)ではパフォーマンスが出ない
 - 外部にハイエンドの高価なCPUが必要となる
 - SoCのARMで実装するとCPUリソースの大半を消費する



⇒TOE1G-IPがこの悩みを解決します！

TOE1G-IPコアの概要

- ・ 第2世代のTCP/IPオフロード・エンジン・コア
- ・ ユーザ回路とAltera製EMACコアの間に挿入
- ・ **TCPの送信・受信の両方向の処理を完全HW化**
- ・ **Full Duplex(送受信同時)通信をサポート**



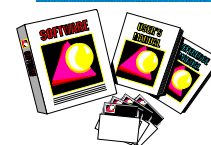
TOE1G-IPコアの特長1

- ・ TCP/IP処理を完全ロジック・ハードウェア化
 - CPUなしでの組込みシステム実装が可能!
 - CPUシステムではCPU負荷がゼロ!
- ・ 送信のみ/受信のみ/同時送受信を高速転送
 - 片方向で110MByte/secの実パフォーマンス
 - 同時送受信でも送受信とも100MByte/sec
- ・ 転送データの信頼性を確保
 - 送信時: ACK抜け/重複/タイムアウト等で自動リトライ
 - 受信時: シーケンス番号を評価し返信ACKを自動制御



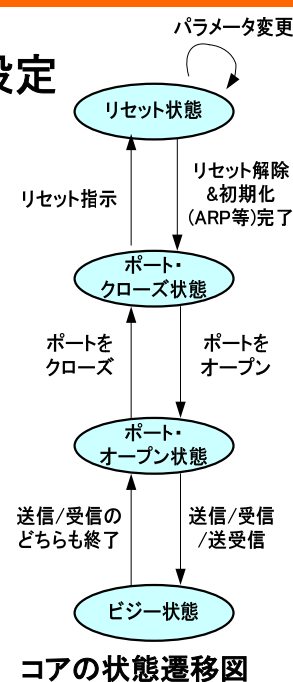
TOE1G-IPコアの特長2

- ・ データバッファ容量を選択可能
 - FPGAメモリ・リソースとパフォーマンスからユーザが選択
- ・ Altera純正MACコア(IP-TRIETHERNET)に対応
 - 直結可能のため接続用の外部ロジック不要
- ・ 実機動作リファレンス・デザインを用意
 - Altera評価ボードで動作するプロジェクト
 - 購入前にパフォーマンス・信頼性の実機評価を検証可能
 - 製品のリファレンスはコア以外の全回路をソースで添付
 - 高速(TOE1G-IP)/低速(CPU)の2ポート・デザインあり
 - TOE1G-IPコア応用高速FTPサーバーのデザインあり



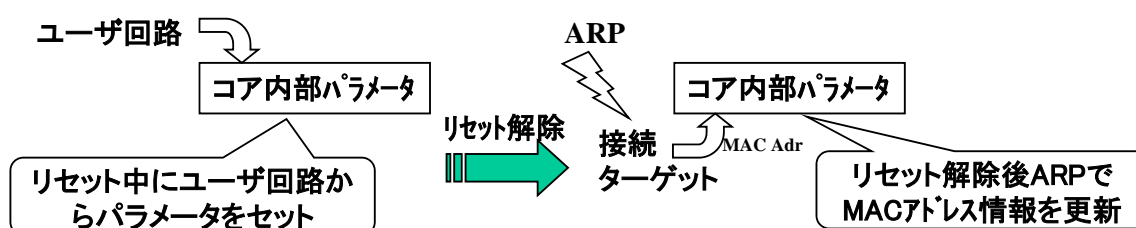
TOE1G-IPコアの動作概要

- ・ リセット状態でパラメータ(IP&MACアドレス等)を設定
- ・ リセット解除で初期化(ARP等)を実行
- ・ 初期化完了でアイドル(コマンド待ち)状態
- ・ その後ポートをオープン(アクティブ/パッシブ)
- ・ 送信・受信は独立して動作(同時送受信可)
- ・ パラメータ変更はリセット状態で実施
(転送長/パケット長はビジー状態以外で変更可)



初期化動作

- ・ パラメータの初期値設定
 - コアのリセット維持中にユーザ回路より設定
 - IPおよびMACアドレス・ポート番号を指定
 - 設定を完了するとリセットを解除
- ・ リセット解除後ARP実行
 - 接続ターゲットに対してARPを発行
 - 実行結果からターゲットMACアドレス情報を自動更新



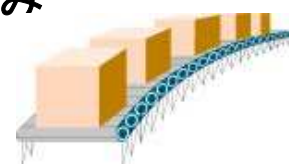
2016/10/20

Design Gateway

Page 9

高速送信

- ・ 送信パケットの生成
 - ユーザ回路は送信データをFIFO I/Fで書込み
 - 送信データをフレームサイズで分割
 - ヘッダと送信データを結合しEMACへ出力
- ・ 自動再送機能
 - ターゲットからのACKを常時チェック
 - ACK抜け/重複/タイムアウト等の異常ACKを検出
 - 異常ACKの種類に応じて適切な再送データを用意



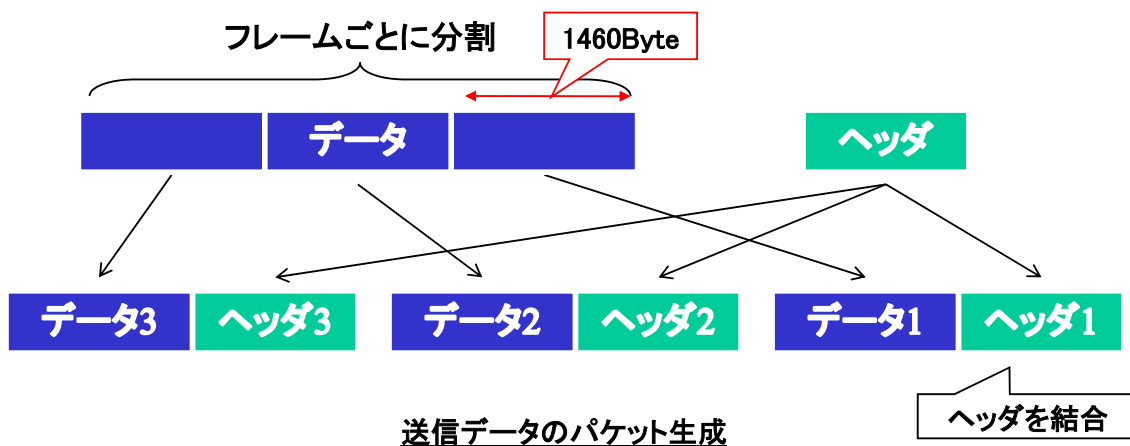
2016/10/20

Design Gateway

Page 10

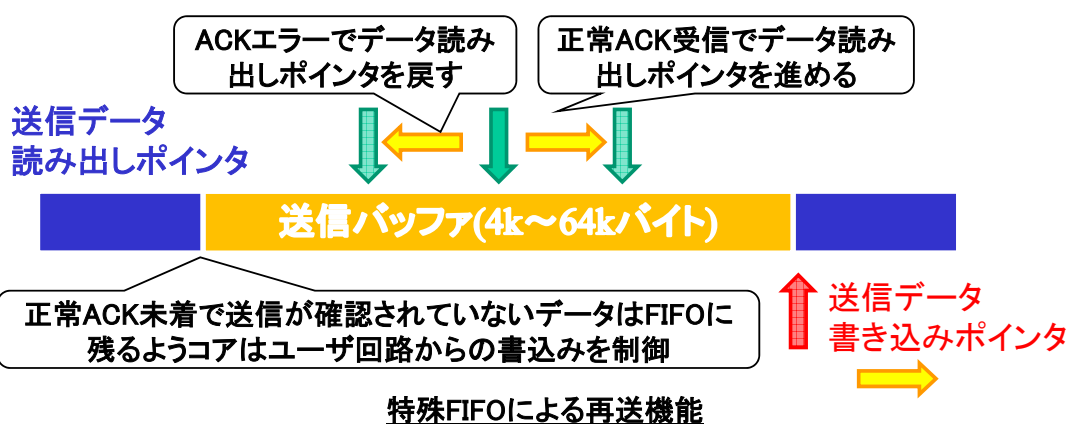
送信パケットの生成

- 送信データにヘッダを自動的に付加しEMACへ転送
 - データはコア内にてフレーム・サイズで分割
 - チェックサムやシーケンス番号などもコアが自動生成






自動再送機能

- 専用設計された特殊なFIFOで再送を実装
 - 正常ACKで読み出しポインタを進める
 - 異常ACKの場合コアは適切な位置にポインタを戻す
 - ポインタ制御・再送の実行をコアが自動制御



高速受信

- ・ 受信パケットのヘッダ・チェック 
 - 受信対象でない場合やチェックサム・エラーの場合は破棄
- ・ データ並び替え 
 - シーケンス番号の入れ替え発生時に並び替え
 - 受信済みデータの再送要求を防ぎ転送効率を維持
 - 並び替え処理できない場合は重複ACKで再送要求
- ・ 重複データの結合 
 - 受信データが前回受信パケットと重複する部分を検出
 - 重複箇所のみ破棄し連続データとして復元
- ・ フロー制御
 - Window Sizeの復活でWindow Updateパケット自動送信

受信パケットのヘッダ・チェック

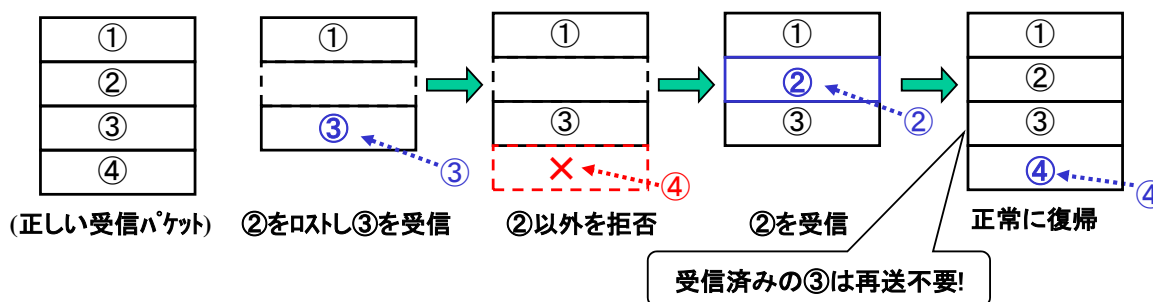
- ・ 受信ヘッダのチェック・サムが正しいことを確認
 - 更に以下の条件を満たすこともコアが確認

Byteオフセット	プロトコル	データ内容	確認条件
0-5	ICMP	あて先MACアドレス	SML/SMHLレジスタで設定したコアのMACアドレスと一致
6-11	ICMP	送信元MACアドレス	ARPで検出した通信ターゲットのMACアドレスと一致
12-13	ICMP	タイプ	0x0800 (IPパケット)であること
14	IP	バージョン/ヘッダ長	0x45 (IPv4, IPヘッダ長=20)であること
20	IP	フラグ/フラグメントOFS	下位6ビットがゼロ(フラグメントの有無チェック)であること
23	IP	プロトコル番号	0x06(TCPパケット)であること
26-29	IP	送信元IPアドレス	DIレジスタで設定した通信ターゲットのIPアドレスと一致
30-33	IP	あて先IPアドレス	SIレジスタで設定したコアのIPアドレスと一致
34-35	TCP	送信元ポート番号	DPNレジスタで設定/パッシブオープンで取得した通信ターゲットのポート番号と一致
36-37	TCP	あて先ポート番号	SPNレジスタで設定したコアのポート番号と一致
38-41	TCP	シーケンス番号	前回処理時のシーケンス番号との差分がコアで処理可能範囲内

受信パケット・ヘッダの確認条件

データ並び替え

- シーケンス番号がスキップした(ロスト)場合に機能
 - ロスト状態を解消するパケット以外は受信しない
 - スキップ部のデータを回復するロスト解消パケットのみ受信
- データ並び替え
 - ロスト解消パケットからデータの連続性を完全に復元
 - 受信済みデータは再送要求せずパフォーマンスを維持



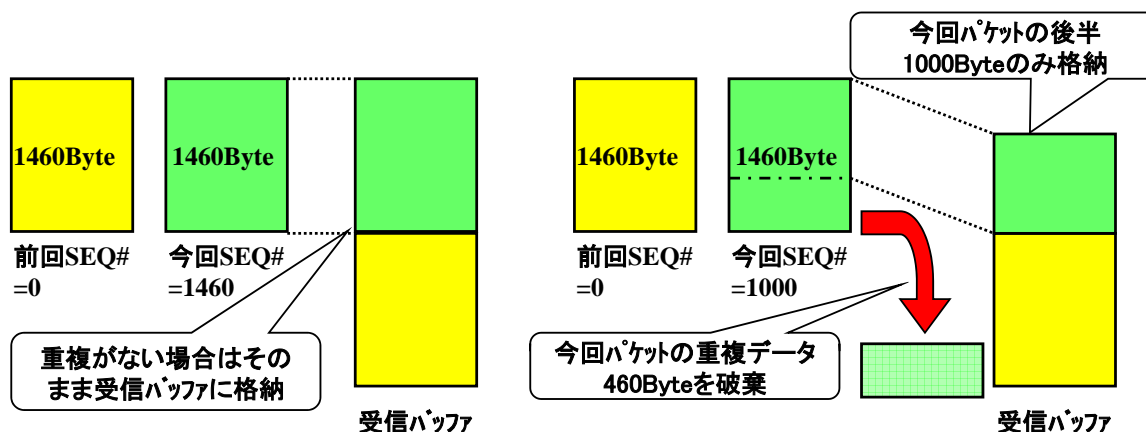
2016/10/20

Design Gateway

Page 15

重複データの結合

- データの重複を検出し自動的に補正
 - シーケンス番号から受信データの重複を検出
 - 重複箇所のみ破棄し連続データとして復元



2016/10/20

Design Gateway

Page 16

フロー制御 (Window Update自動送信機能)

- ・ TCP Window Update (ACK)パケット生成
 - 受信データ・バッファの空きスペース復活を検出
 - 設定した閾値でWindow Updateパケットを自動送信
 - PC側ではWindowサイズ復活で送信が再開可能

IP末尾42=FPGA IP末尾25=PC

Source	Destination	Protocol	Length	Info
192.168.11.42	192.168.11.25	TCP	60	4000-50223 [ACK] Seq=1 Ack=61321 win=4213 Len=0
192.168.11.42	192.168.11.25	TCP	60	4000-50223 [ACK] Seq=1 Ack=62781 win=2753 Len=0
192.168.11.42	192.168.11.25	TCP	60	4000-50223 [ACK] Seq=1 Ack=64241 win=1298 Len=0
192.168.11.42	192.168.11.25	TCP	60	[TCP window Update] 4000-50223 [ACK] Seq=1 Ack=64241 win=3352 Len=0
192.168.11.42	192.168.11.25	TCP	60	[TCP window Update] 4000-50223 [ACK] Seq=1 Ack=64241 win=5406 Len=0
192.168.11.42	192.168.11.25	TCP	60	[TCP window Update] 4000-50223 [ACK] Seq=1 Ack=64241 win=7460 Len=0
192.168.11.42	192.168.11.25	TCP	60	[TCP window Update] 4000-50223 [ACK] Seq=1 Ack=64241 win=9514 Len=0
192.168.11.25	192.168.11.42	TCP	1514	50223-4000 [PSH, ACK] Seq=64241 Ack=1 win=256960 Len=1460
192.168.11.25	192.168.11.42	TCP	1514	50223-4000 [ACK] Seq=65701 Ack=1 win=256960 Len=1460
192.168.11.25	192.168.11.42	TCP	1514	50223-4000 [ACK] Seq=67161 Ack=1 win=256960 Len=1460

(PC->FPGAの受信
に対する通常ACK)

Windowサイズ復活
後PCからのデータ
送信を再開

Window Updateパケットの自動送信

Windowサイズ復活でコ
アからWindow Update
パケットを自動発行

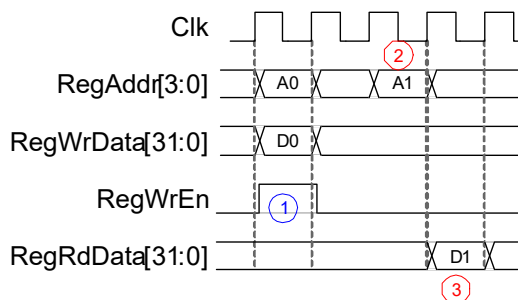
2016/10/20

Design Gateway

Page 17

ユーザ・インターフェース(制御)

- ・ レジスタI/F、送信FIFO I/F、受信FIFO I/Fの3種類
 - レジスタI/Fは初期パラメータの設定、方向切り替え指示
 - 送信データ・受信データ用I/Fは標準的なFIFO I/F



[レジスタの書込み]
①アドレスとデータを
設定しWrEnで書込み

[レジスタの読出し]
②アドレスを与えたる
③次クロックで有効
データが出力

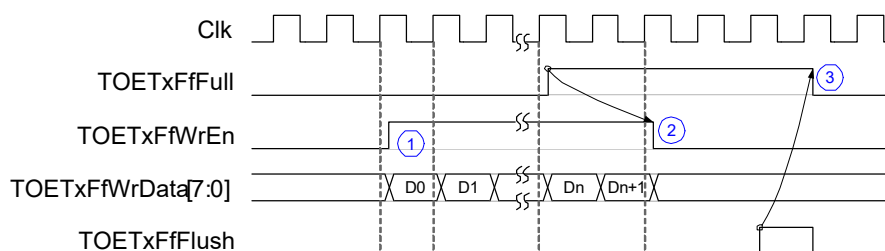
レジスタI/Fのタイムチャート

2016/10/20

Design Gateway

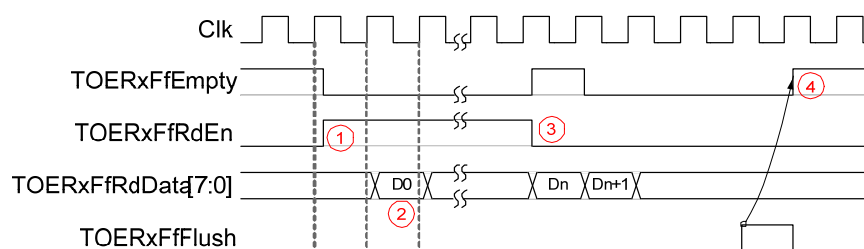
Page 18

ユーザ・インターフェース(データ)



- [送信データの書込み]
- ①データをWrEnで書込み
 - ②Fullになってから4クロック以内にライト中断
 - ③FlushでFIFOクリア

送信FIFO I/Fのタイムチャート



- [受信データの読み出し]
- ①非EmptyでRdEnにて読出し
 - ②次のクロックでデータ出力
 - ③Emptyではリード禁止
 - ④FlushでFIFOクリア

受信FIFO I/Fのタイムチャート

データ・バッファ容量の設定

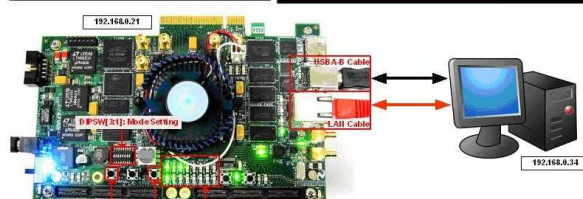
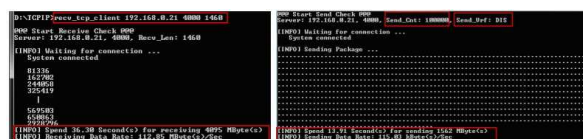
- ・ 3種類のデータ・バッファをパラメタライズで設定可能
 - ① 送信データ・バッファ: 4KByte~64KByte
 - ② 送信パケット・バッファ: 2KByte~16KByte
 - ③ 受信データ・バッファ: 2KByte~64KByte
- ・ リソースとパフォーマンスの最適点を調整できる

ジェネリック名	設定範囲	説明
TxBufBitWidth	12-16	送信データ・バッファ・サイズをアドレス・ビット幅で設定します。例えば 12 の場合 4K バイト、16 の場合 64K バイトとなります。
TxPacBitWidth	11-14	送信パケット・バッファ・サイズをアドレス・ビット幅で設定します。例えば 11 の場合 2K バイト、14 の場合 16K バイトとなります。
RxBufBitWidth	11-16	受信データ・バッファ・サイズをアドレス・ビット幅で設定します。例えば 11 の場合 2K バイト、16 の場合 64K バイトとなります。

各データ・バッファはパラメタライズで設定できる

評価用SOFファイル

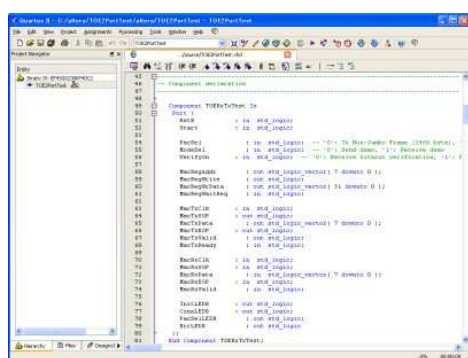
- Altera各評価ボードで動作するsofファイル
 - ArriaV GX/StratixIV GX/Arria10SoC/CycloneV Eキットで評価可能
 - 片方向(送信or受信)/同時双方向を実機評価
 - 転送パフォーマンス測定・データベリファイ確認
 - 2ポート(高速+低速)評価版/FTP評価版あり



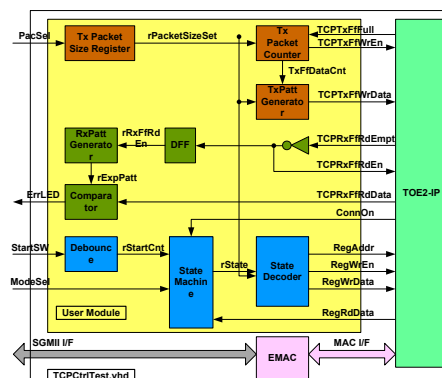
Altera評価ボードを使った実機検証環境

リファレンス・デザイン

- QuartusIIデザインプロジェクト
 - コア(ネットリスト)部以外の全回路をソースコードで提供
 - 標準デモと同時送受信デモのデザインを製品に標準添付
 - 正規ユーザに2ポート版/FTPデモのプロジェクト無償提供



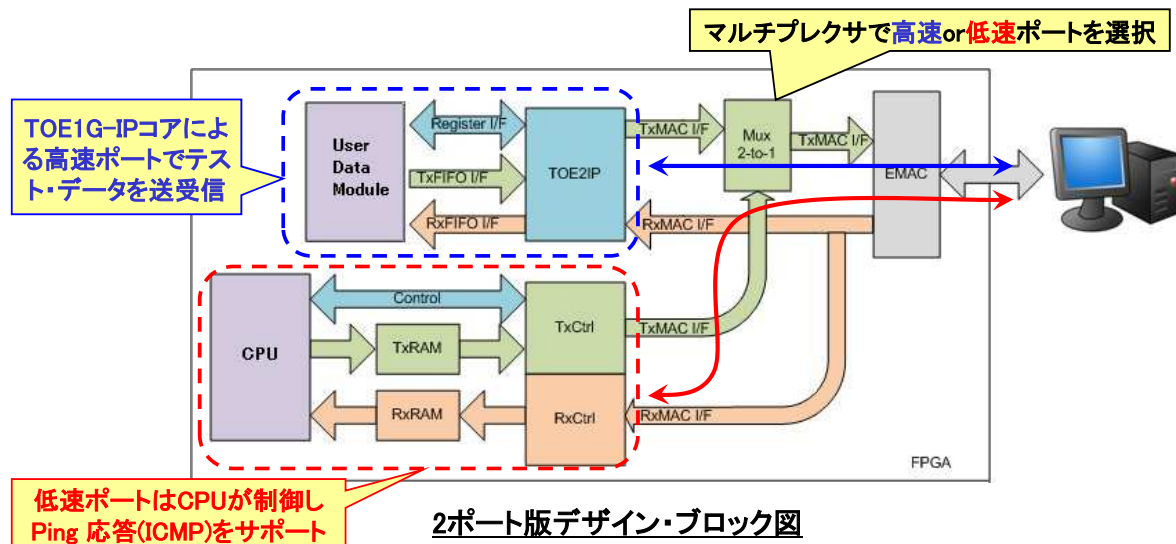
実機動作するプロジェクトを提供



リファレンス・デザイン・ブロック図

リファレンス・デザイン(2ポート版)

- ・ TOE1G-IPによる高速ポートとCPUによる低速ポートを実装
- ・ 高速ポートのデータ送受信と低速ポートのPing応答をサポート
- ・ プリンタ/計測機等の実製品システムをエミュレーション



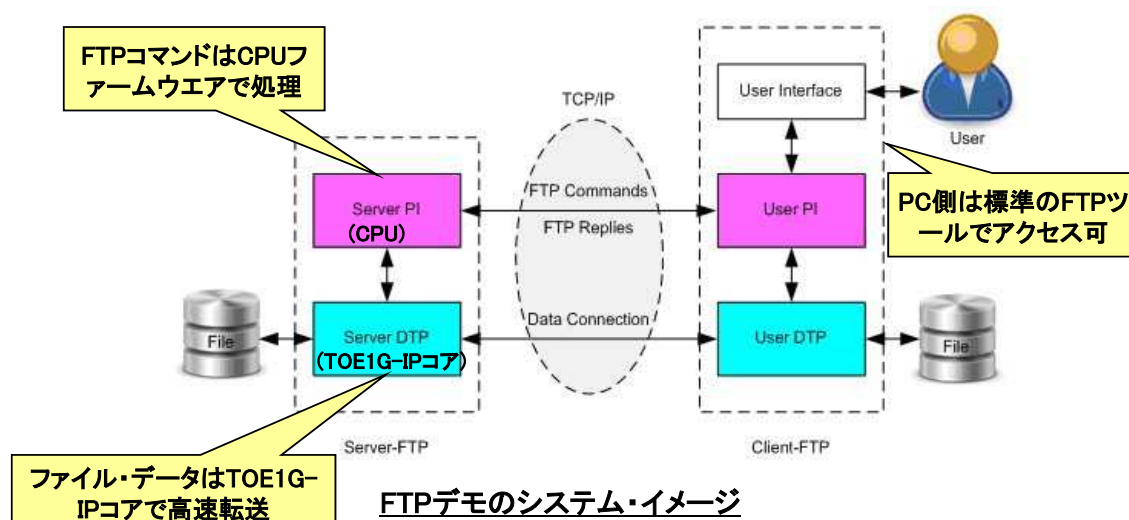
2016/10/20

Design Gateway

Page 23

リファレンス・デザイン(FTP版)

- ・ FPGAボードが高速FTPサーバーとして動作
- ・ ファイル転送はTOE1G-IPコアで超高速(100MB/s)転送
- ・ FTPコマンド処理はCPU(NiosII)ファームウェアで実装



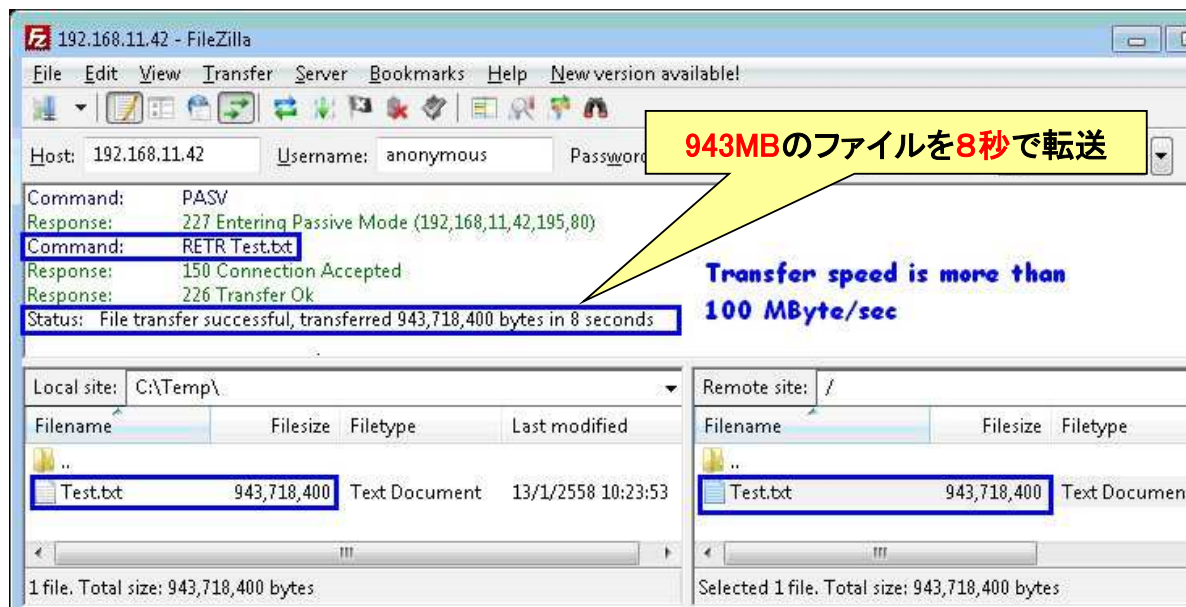
2016/10/20

Design Gateway

Page 24

リファレンス・デザイン(FTP版:続き)

- ・ 100MB/sを超えるファイル転送パフォーマンス!



192.168.11.42 - FileZilla

File Edit View Transfer Server Bookmarks Help New version available!

Host: 192.168.11.42 Username: anonymous Password:

Command: PASV
Response: 227 Entering Passive Mode (192,168,11,42,195,80)
Command: RETR Test.txt
Response: 150 Connection Accepted
Response: 226 Transfer Ok
Status: File transfer successful, transferred 943,718,400 bytes in 8 seconds

Local site: C:\Temp\ Remote site: /

Filename	Filesize	Filetype	Last modified
Test.txt	943,718,400	Text Document	13/1/2558 10:23:53

1 file. Total size: 943,718,400 bytes

FTPアプリ(FileZilla)で943MBのファイルをPCへダウンロードした結果例

2016/10/20

Design Gateway

Page 25

リファレンスと実機評価による開発

- ・ リファレンス+評価ボードによる確実な開発
 - まず最初に製品添付のリファレンスで実機動作を確認
 - そこからユーザ製品に向け少しずつ編集
 - 編集ごとに実機動作をStep by Stepで確認
 - 問題があれば1ステップ前に戻るだけで動く状態にすぐ復帰できる



大きな後戻りがなく確実に短期間での製品開発が可能!

消費リソース

コアの消費リソース

- 送信データ・バッファ=64KByte、送信パケット・バッファ=16KByte、受信データ・バッファ=64KByteの最大設定時



Family	Example Device	Combinatorial ALUTs	Registers	Pin	Block Memory bit	Design Tools
Stratix IV GX	EP4SGX230KF40G2	2,226	2,778	137	1,181,696	QuartusII 14.0
CycloneV E	5CEFA7F31I7	2,052	3,084	137	1,181,696	QuartusII 15.1
ArriaV GX	5AGXFB3H4F35C5	2,064	3,002	137	1,181,696	QuartusII 14.0
Arria10 SX	10AS066N3F40E2SGE2	2,028	3,050	137	1,181,696	QuartusII 16.0

TOE1G-IPコア単体コンパイル結果

送受信ともバッファを最大に設定した場合です。
バッファ容量を削減すれば内部メモリ消費リソースを節約できます。

転送パフォーマンス

同時送受信(Full Duplex)での実機パフォーマンス

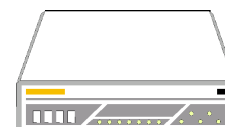
```

Administrator: C:\Windows\system32\cmd.exe
D:\SW>tcp_client_txrx 192.168.11.42 4000 0
@@@ Start Full-Duplex Check @@@
Server: 192.168.11.42, Port: 4000, Send_Cnt: 262143, Urf: DIS
[INFO] Waiting for connection ...
System connected
Rcv: 31.37 KB,Snd: 32.00 KB
Rcv: 1.72 MB,Snd: 1.73 MB
Rcv: 112.48 MB,Snd: 112.50 MB
Rcv: 3768.51 MB,Snd: 3768.53 MB
Rcv: 3879.31 MB,Snd: 3879.33 MB
Rcv: 3990.09 MB,Snd: 3990.11 MB
[INFO] Spend 39.50 Second(s) for sending 4095 MByte(s)
[INFO] Sending Data Rate: 103.70 MByte(s)/Sec
[INFO] Spend 39.50 Second(s) for receiving 4095 MByte(s)
[INFO] Receiving Data Rate: 103.70 MByte(s)/Sec
[INFO] Waiting for connection ...
  
```

送受信同時で100MByte/secの
高速転送を実現

TOE1G-IPのアプリケーション

- ・ FAなどにおけるデータ転送
 - 医療系の画像処理装置の採用例が多い
 - 欠落が許されないセンサーデータなどをPCに転送
- ・ NAS, iSCSIなどのTCPを用いたストレージ
 - TCPの負荷を大幅に軽減し、転送速度UP
- ・ 監視カメラデータの転送
 - TCPの負荷が軽くなり、コストダウン、低消費電力化が可能



問い合わせ

- ・ ホームページに詳細な技術資料を用意
 - http://www.dgway.com/TOE1G-IP_A.html
- ・ 問い合わせ
 - 株式会社Design Gateway
 - E-mail : info@dgway.com
 - FAX : 050-3588-7915

