



# TOE 10G

## IPcore

### TCP Offloading Engine IP Core

## 最高速のPCインターフェイスを実現

2017/2/10

Design Gateway

Page 1

## アジェンダ

- ・ 10GbE&TCP/IP概要
  - 10GbEでのTCP/IP実装メリット・デメリット
- ・ TOE10G-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



2017/2/10

Design Gateway

Page 2

# 10GbE概要

- 10GbE (10ギガビット・イーサネット)とは
  - 業界標準の高速ネットワーク・インターフェイス
  - 10Gbpsの転送速度
  - 多様な接続方法が混在する



光ケーブルと  
ダイレクトアタッチは  
TOE10G-IPの適用が可能

接続方法	長所	短所	備考
光ケーブル	低レイテンシ(100ns) 長距離	高価	光モジュール+ ケーブルが必要
ダイレクトアタッチ	低価格	短距離(最大5- 7m程度)	SFP+ソケットに 直接挿入
10GBASE-T	低価格, 汎用(RJ-45)	高レイテンシ (2us)	特殊(LDPC)な符 号化方式

## 10GbEの主な接続方法

# 10GbEでのTCP/IP実装メリット

- 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



- TCP/IPの実装デメリット

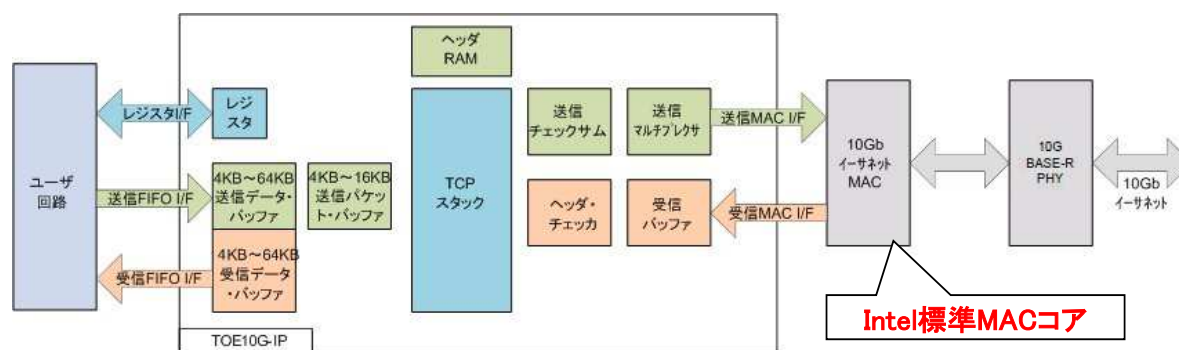
- TCPのプロトコル処理が複雑でCPUの負荷が大きい
- パフォーマンスが上がらない(実効転送効率30%~40%)
- ハイエンドの高価なCPUが必要となる



⇒ TOE10G-IPがこの悩みを解決します!

## TOE10G-IPコアの概要

- ・ 10GbE対応のTCP/IPオフロード・エンジン・コア
- ・ ユーザ回路とIntel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



TOE10G-IPコア・ブロック図

## TOE10G-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/受信を高速転送
  - 約1200MByte/secの実転送パフォーマンス
- ・ 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



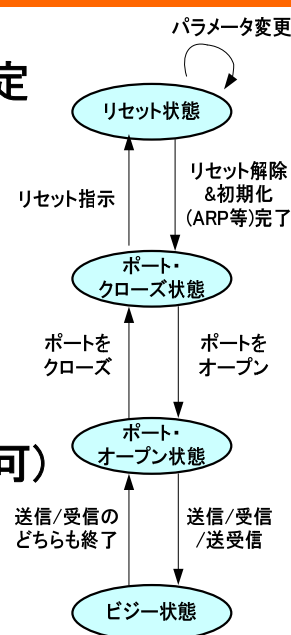
## TOE10G-IPコアの特長2

- ・ 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
- ・ Intel純正MACコア(LL Ethernet 10G MAC)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
  - Intel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
  - サーバー・アプリ向けのマルチ・セッション・デザインあり



## TOE10G-IPコアの動作概要

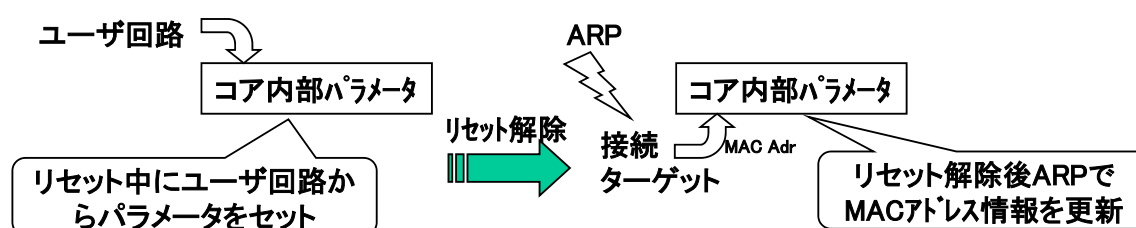
- ・ リセット状態でパラメータ(IP&MACアドレス等)を設定
- ・ リセット解除で初期化(ARP等)を実行
- ・ 初期化完了後ポートをオープン(アクティブ/パッシブ)
- ・ 送信・受信は独立して動作(同時送受信可)
- ・ パラメータ変更はリセット状態で実施  
(転送長/パケット長はビジー以外の状態で変更可)



コアの状態遷移図

## 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



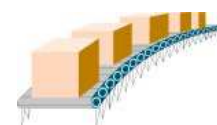
2017/2/10

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10G MAC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



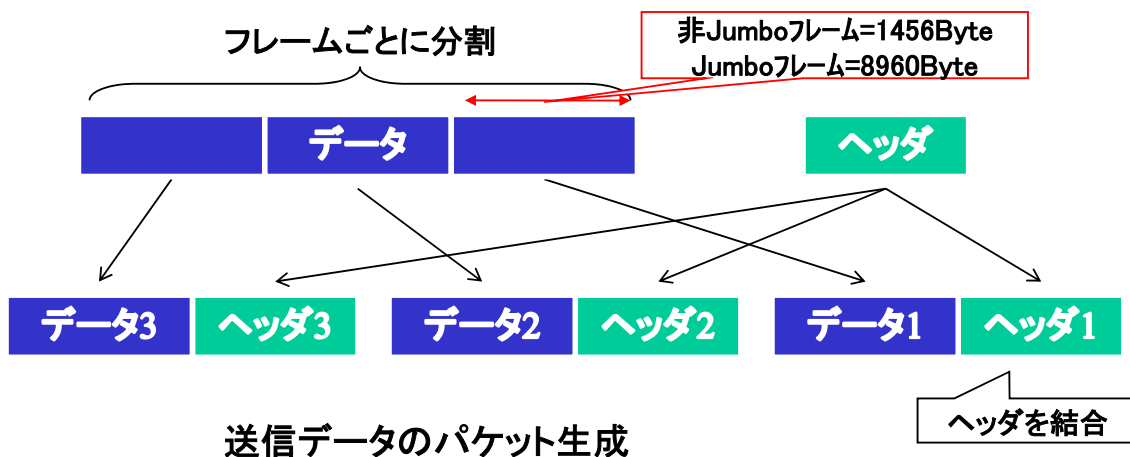
2017/2/10

Design Gateway

Page 10

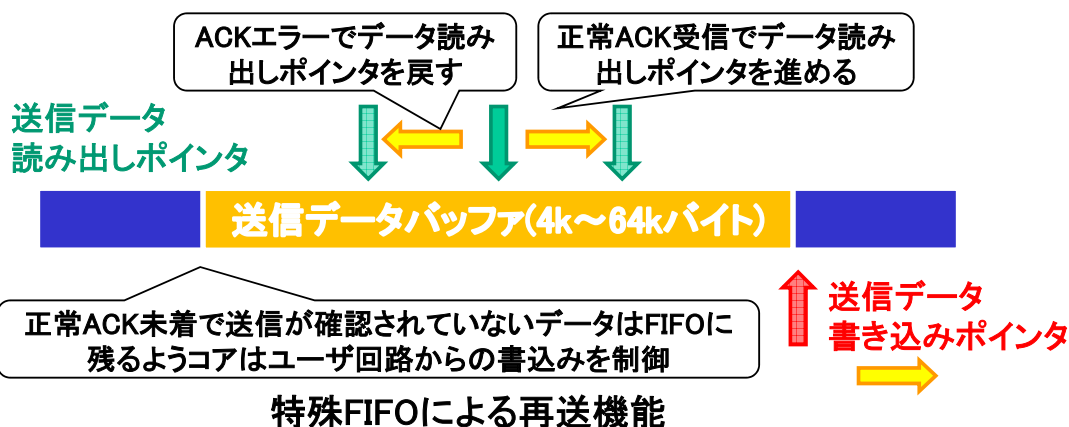
## 送信パケットの生成

- 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



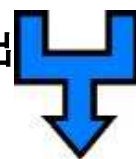


## 自動再送機能

- 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

## 受信パケットのヘッダ・チェック

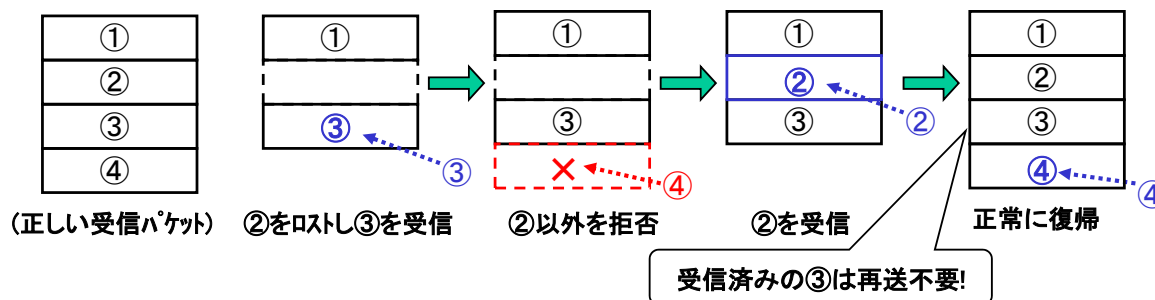
- ・ 受信ヘッダのチェック・サムが正しいことを確認
  - 更に以下の条件を満たすこともコアが確認

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	DIPL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	SIPL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	DPNL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	SPNL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



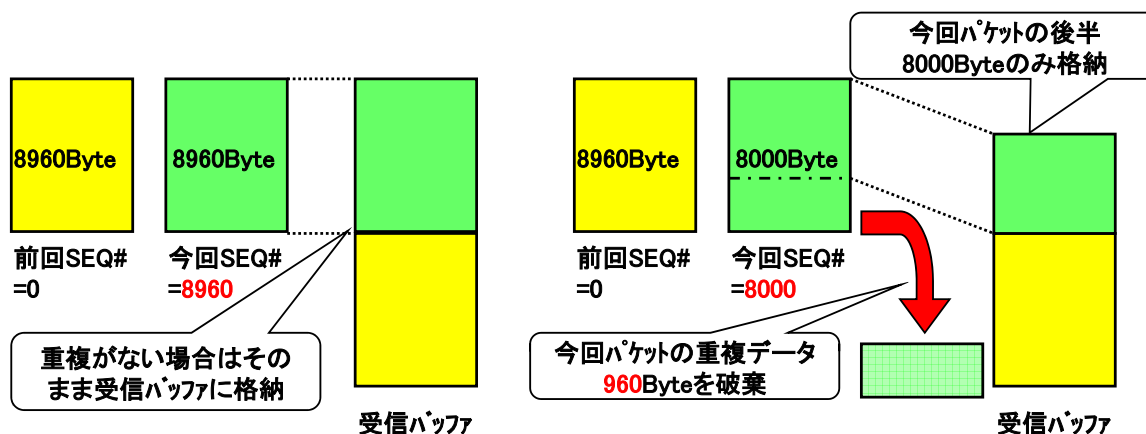
2017/2/10

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



2017/2/10

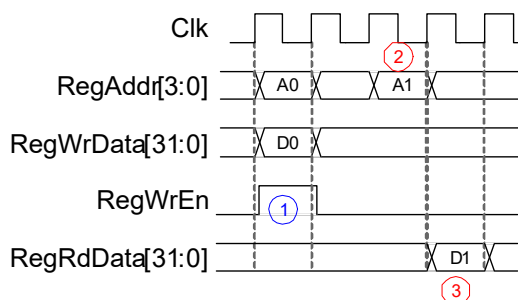
Design Gateway

Page 16



## 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

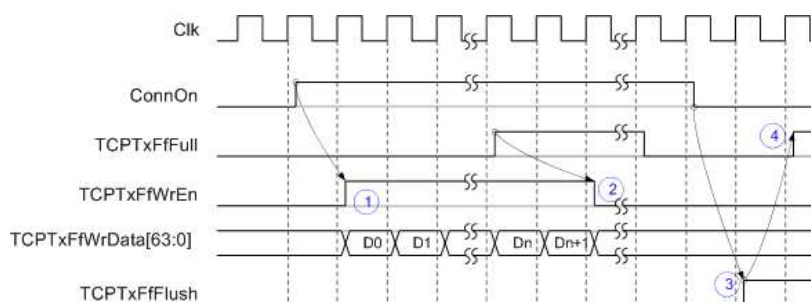


[レジスタの書込み]  
①アドレスとデータを  
設定しWrEnで書込み

[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

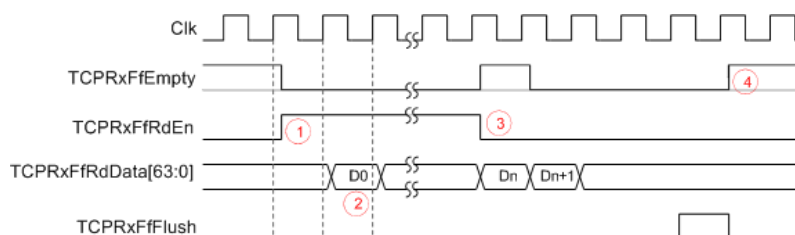
レジスタI/Fのタイムチャート

## 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

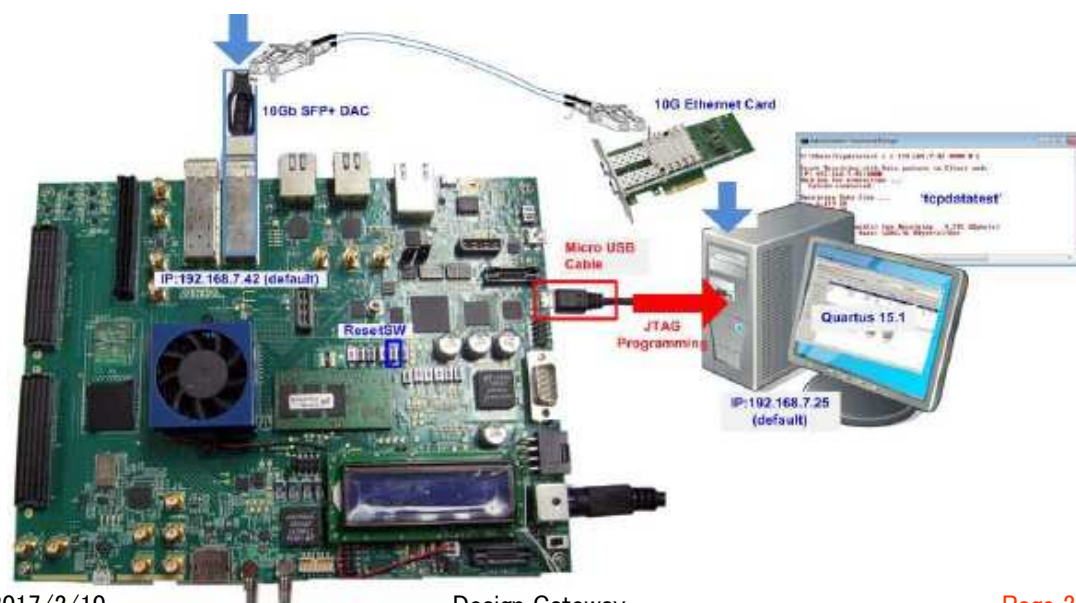
- ・ 3種類のデータ・バッファをパラメタライズで設定可能
  - ① 送信データ・バッファ: 4KByte~64KByte
  - ② 送信パケット・バッファ: 4KByte~16KByte
  - ③ 受信データ・バッファ: 4KByte~64KByte
- ・ リソースとパフォーマンスの最適点を調整できる

ジェネリック名	設定範囲	説明
TxBufBitWidth	9-13	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9の場合4Kバイト、13の場合64Kバイトとなります。
TxPacBitWidth	9-11	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9の場合4Kバイト、11の場合16Kバイトとなります。
RxBufBitWidth	9-13	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9の場合4Kバイト、13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

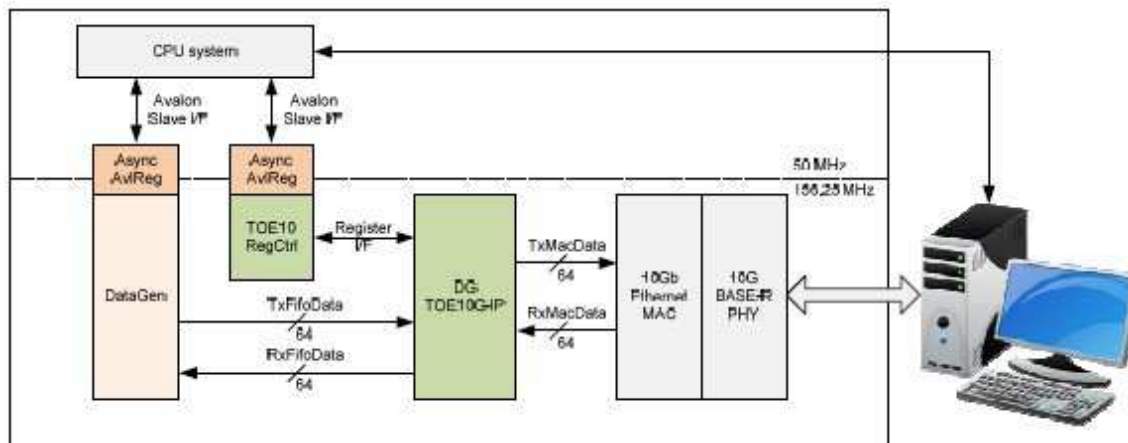
## 評価用SOFファイル

- ・ Arria10SoC開発ボードで動作するSOFファイル
  - 転送パフォーマンス測定・データベリファイ確認



## リファレンス・デザイン

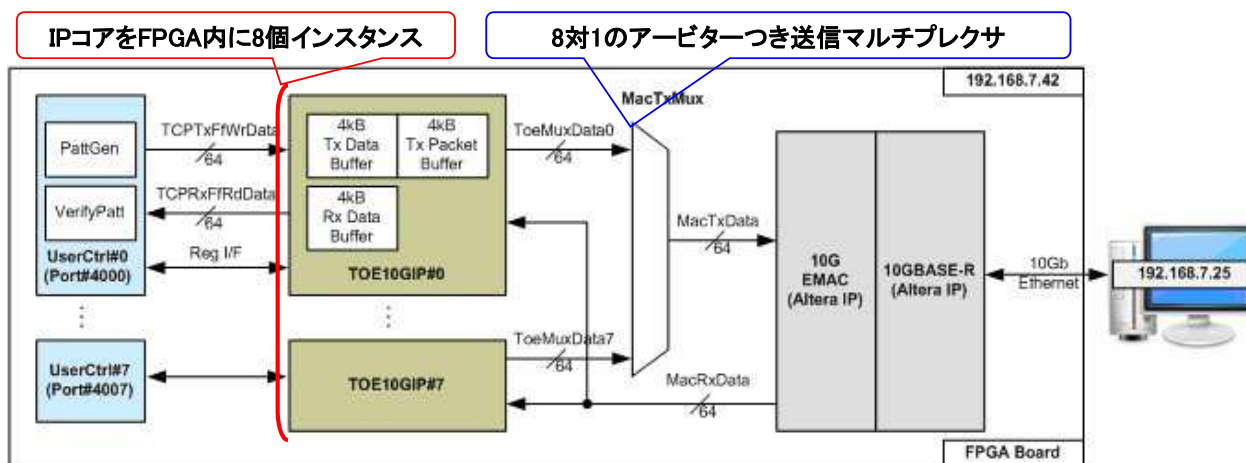
- ・ 実機動作するデザインプロジェクト
  - コア部以外の全回路をソースコードで製品に標準添付



リファレンス・デザイン・ブロック図

## マルチ・セッション対応

- ・ サーバー・アプリケーション参照用デザイン
  - コアを複数インスタンスでマルチ・セッションに対応



マルチセッション・デザイン(実機動作するデザインで提供)

## 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

- ・ 7シリーズFPGAのコア単体消費リソース
  - 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



Example Implementation Statistics

Family	Example Device	Fmax (MHz)	ALMs <sup>1</sup>	Registers <sup>1</sup>	Pin <sup>2</sup>	Block Memory bit <sup>3</sup>	Design Tools
Aria 10 SX	10AS066N3F40E2SGE2	156.25	2,504	3,516	457	1,179,648	QuartusII15.1

Notes:

- 1) Actual logic resource dependent on percentage of unrelated logic
- 2) Assuming all core I/Os and clocks are routed off-chip
- 3) Block memory resources are based on 64kB Tx data buffer size, 16kB Tx packet buffer size, and 64kB Rx data buffer size. Minimum size of each buffer are 4kB Tx data buffer size, 4kB Tx packet buffer size, and 16kB Rx data buffer size for jumbo frame.

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Memory消費リソースを節約できます。

# 送信パフォーマンス

```

/cygdrive/d/altera/15.1
+++ TOE10G-IP Send Mode +++
Enter transfer size : 1 - 0xFFFFFFFF => 0xffffffff Input parameter to test
Enter packet size (aligned 64-bit) : 8 - 8960 => 8960 send data in Server mode
Wait connection from PC...
Run test application on PC by following command
tcpdatatest c r 192.168.7.42 4000 0 1
Start data sending
...
Connection closed
Total user transfer size = 4294967295 byte
Total = 4294[MB] , Time = 3569[ms] , Transfer speed = 1203[MB/s] Send Performance

--- TOE10GIP menu ---
[0] : Display current parameter
[1] : Reset TOE10G-IP to change parameter or mode
[2] : Send Data Test (TOE10G-IP -> PC)
[3] : Receive Data Test (PC -> TOE10G-IP)

```

4Gバイト・データをジャンボフレーム  
(8960バイト)でFPGA→PCへ転送

送信パフォーマンス  
1203MByte/sec!

## Arria10SoCボードでの送信(FPGA→PC)評価結果

# 受信パフォーマンス

```

/cygdrive/d/altera/15.1
+++ TOE10G-IP Receive Mode +++
Enter transfer size : 1 - 0xFFFFFFFF => 0xffffffff
Enable data verification : [0] Disable [1] Enable => 0 Disable data verification
Wait connection from PC...
Run test application on PC by following command
tcpdatatest c t 192.168.7.42 4000 4294967295 0
Connection opened
...
Connection closed
Wait UserLogic complete
Receive data completed
Total user transfer size = 4294967295 byte
Total = 4294[MB] , Time = 3662[ms] , Transfer speed = 1172[MB/s] Receive Performance
without verification

--- TOE10GIP menu ---
[0] : Display current parameter
[1] : Reset TOE10G-IP to change parameter or mode
[2] : Send Data Test (TOE10G-IP -> PC)
[3] : Receive Data Test (PC -> TOE10G-IP)

```

4Gバイト・データをジャンボフレームで  
PC→FPGAへ転送

受信パフォーマンス  
1172MByte/sec!

## Arria10SoCボードでの受信(PC→FPGA)評価結果

## TOE10G-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



## 低価格ソリューション

- ・ SFP+ダイレクト・アタッチ・ケーブル
  - FPGAトランシーバが10GbEシリアル・バスに直結
  - 銅線ケーブルのため低コスト(数千円程度)
  - ケーブル長は数メートル(市販品では最長7m)



10Gtek Netgear AXC763 互換対応 パッシブ 3m SFP+ダイレクトアタッチケーブル Twinaxケーブル 10ギガビットイーサネット 10Gb/s SFP+銅ケーブル

10Gtek  
カスタマーレビューを書きませんか?

参考価格: ¥ 6,956  
 セール品: ¥ 4,299 通常配送無料 詳細  
 OFF: ¥ 2,657 (38%)  
 ポイント: 43pt (1%) 詳細はこちら

在庫あり。在庫状況について

住所からお届け予定日を確認  詳細

**Amazon.comでの価格例 (3mケーブル:2016/8/4現在)**

