



10GBASE-Tに対応!

TOE 10G

IPcore

TCP Offloading Engine IP Core

最高速のPCインターフェイスを実現

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



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



全ての接続方法で
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



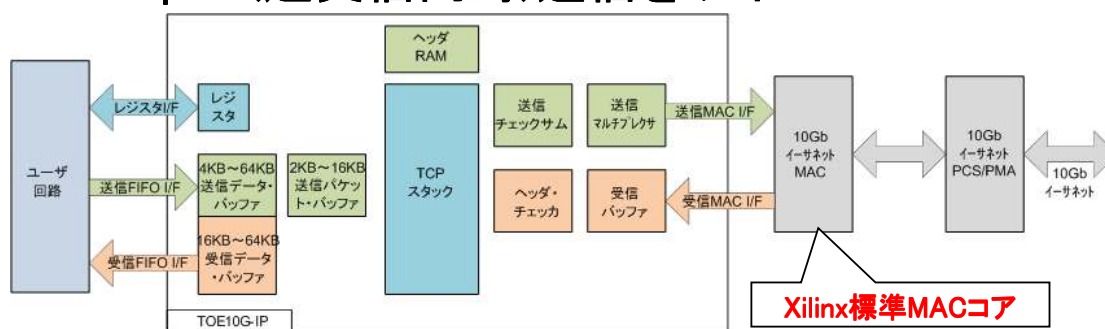
- TCP/IPの実装デメリット
 - TCPのプロトコル処理が複雑でCPUの負荷が大きい
 - パフォーマンスが上がらない(実効転送効率30%~40%)
 - ハイエンドの高価なCPUが必要となる



⇒ 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Xilinx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!
- ・ 送信のみ/受信のみ/同時送受信を高速転送
 - 1200MByte/secの実パフォーマンス
 - 同時送受信でも送受信とも920MByte/sec以上
- ・ 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



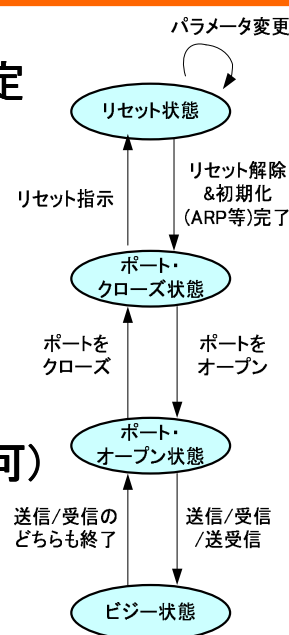
TOE10G-IPコアの特長2

- ・ 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
- ・ Xilinx製10G/25Gイーサネット・サブシステムに対応
 - より低レイテンシ・低価格の弊社製10GEMACにも対応
- ・ 実機動作リファレンス・デザインを用意
 - Xilinx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
- ・ 10GBASE-Rに加え10GBASE-Tに対応
 - 低コストのCat6ケーブル・RJ45コネクタを適用可能



TOE10G-IPコアの動作概要

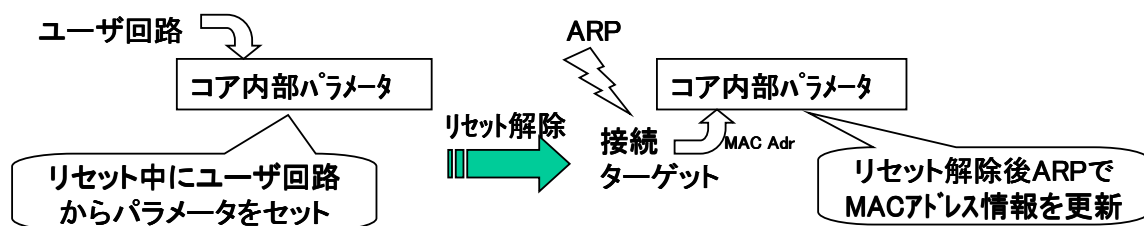
- ・ リセット状態でパラメータ(IP&MACアドレス等)を設定
- ・ リセット解除で初期化(ARP等)を実行
- ・ 初期化完了後ポートをオープン(アクティブ/パッシブ)
- ・ 送信・受信は独立して動作(同時送受信可)
- ・ パラメータ変更はリセット状態で実施
(転送長/パケット長はビジー以外の状態で変更可)



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



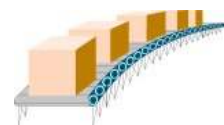
2021/2/19

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10GEMAC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



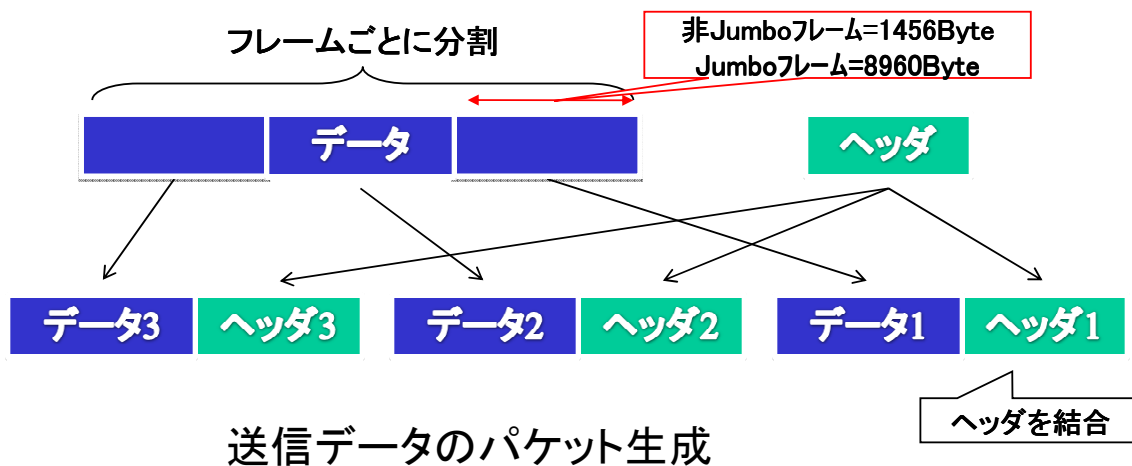
2021/2/19

Design Gateway

Page 10

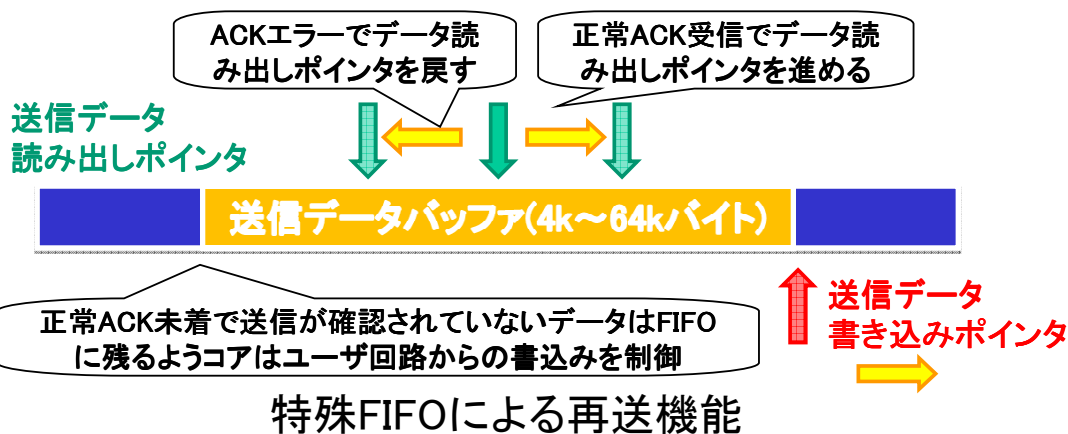
送信パケットの生成

- 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



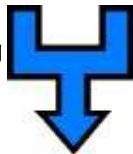


自動再送機能

- 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

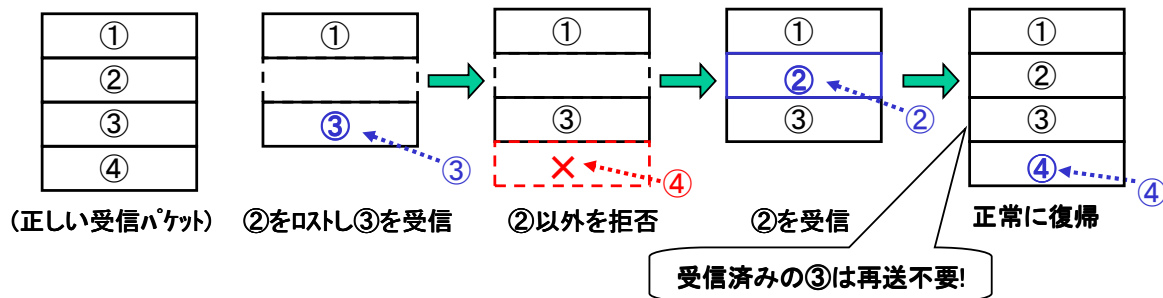
- ・ 受信ヘッダのチェック・サムが正しいことを確認
 - 更に以下の条件を満たすこともコアが確認

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	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



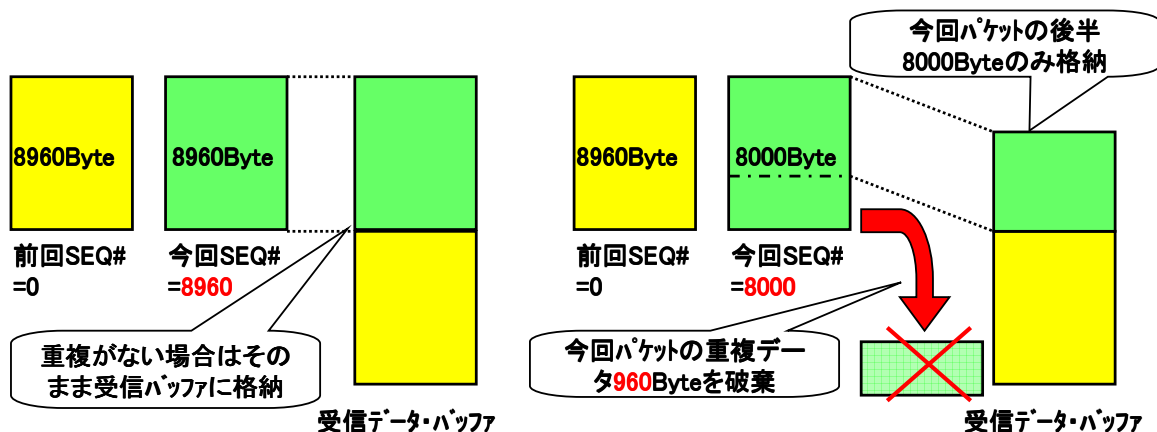
2021/2/19

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



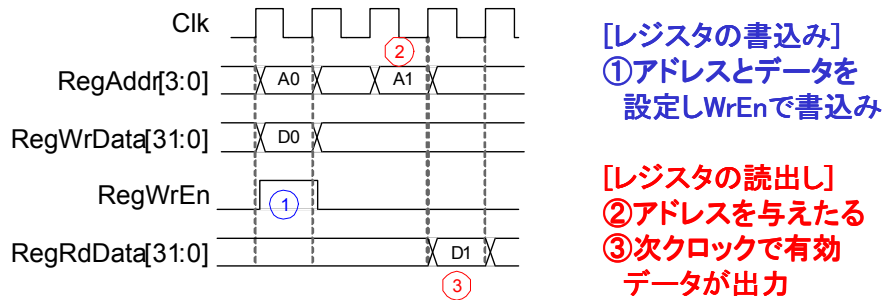
2021/2/19

Design Gateway

Page 16

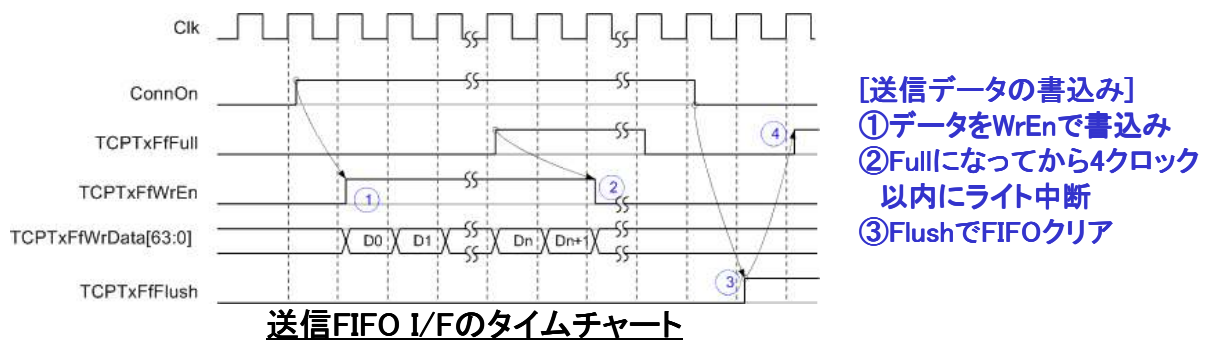
ユーザ・インターフェース(制御)

- 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

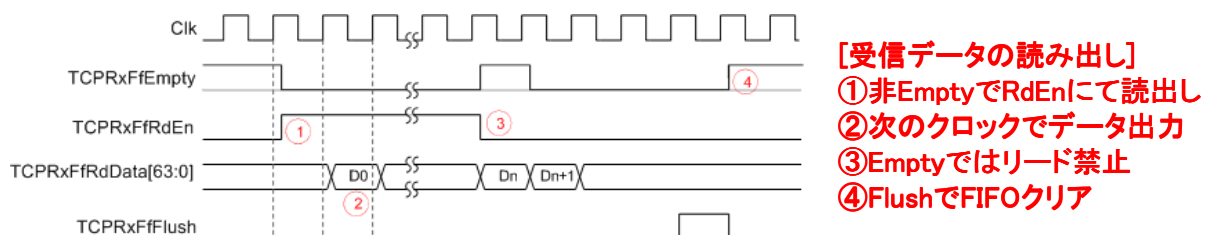


レジスタI/Fのタイムチャート

ユーザ・インターフェース(データ)



送信FIFO I/Fのタイムチャート



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

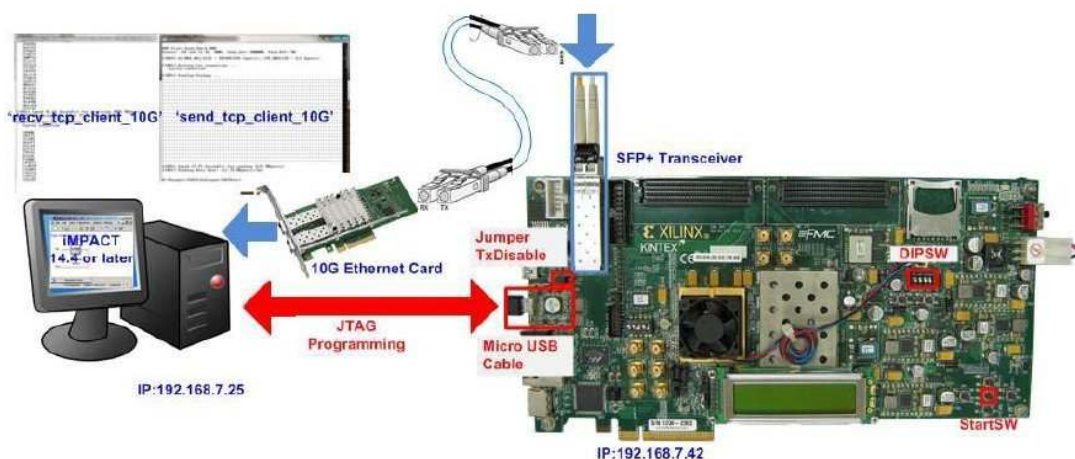
- ・ 3種類のデータ・バッファをパラメタライズで設定可能
 - ① 送信データ・バッファ: 4KByte~64KByte
 - ② 送信パケット・バッファ: 4KByte~16KByte
 - ③ 受信データ・バッファ: 4KByte~64KByte
- ・ リソースとパフォーマンスの最適点を調整できる

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

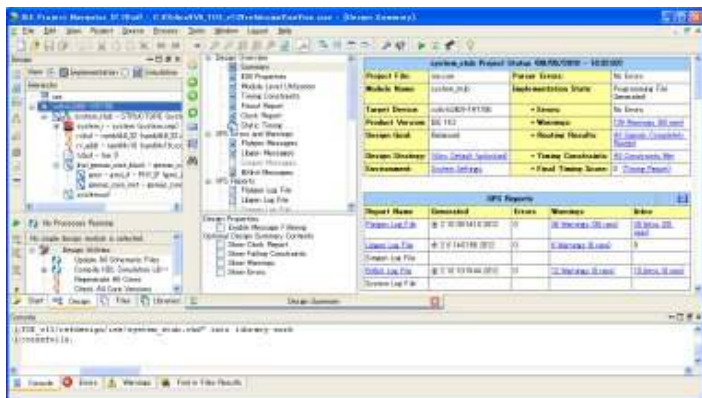
評価用Bitファイル

- ・ Xilinx製各種評価ボードで動作するbit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

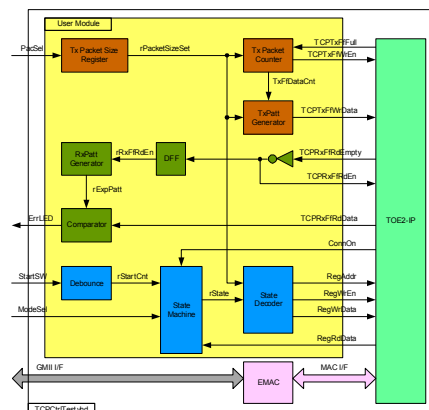


リファレンス・デザイン

- ・ 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



評価ボードで実動作するプロジェクト



リファレンス・デザイン・ブロック図

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!

10GBASE-Tに対応

- ・ 低価格CAT6ケーブル/RJ45コネクタ適用可能
 - 実パフォーマンスは10GBASE-Rとほぼ同等レベル

10GbE規格	送信	受信	送受信同時
10GBASE-R	1195MByte/s	1092MByte/s	800-1000MByte/s
10GBASE-T	1203MByte/s	1056MByte/s	800-1000MByte/s

TOE10G-IPコアの実パフォーマンス測定結果

測定条件: PC-ZCU102間のリファレンス・デザイン測定結果

パケットサイズ:8960byte (Jumbo Frame)

10GBASE-Tの測定ではZCU102のSFP+にRJ45変換アダプタ使用(10GTek製 ASF-10G-T)

PC側スペック: CPU Intel i5-8500@3.00GHz, メモリDDR4 16GB, Windows10Pro, NICカード: X550-T1(Intel)

※ 送受信同時(Full Duplex)のパフォーマンスは800-1000MB/sの範囲で変化する

消費リソース

- ・ UltraScale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



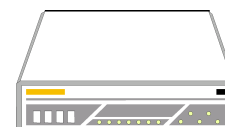
ファミリ	ターゲット・デバイス	Fmax (MHz)	CLB Regs	CLB LUTs	CLB	BRAM Tile	Design Tools
Kintex-Ultrascale	XCKU040FFVA1156-2E	156.25	3106	3808	755	34.5	Vivado2017.4
Zynq-Ultrascale+	XCZU9EG-FFVB1156-2-I	156.25	3106	3806	736	34.5	Vivado2017.4
Virtex-Ultrascale+	XCU9P-FLGA2104-2L	156.25	3106	3807	704	34.5	Vivado2017.4

TOE10G-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BRAM消費リソースを節約できます。

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



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/TOE10G-IP_X.html
- ・ 問い合わせ
 - 株式会社Design Gateway
 - E-mail : info@dgway.com
 - FAX : 050-3588-7915

