

High Precision Performance Measurement of Network Device ネットワーク機器の高精度性能計測

澁田 拓也[†]
Takuya Shibuta

1. 概要

近年、ネットワークを介して行われる通信に発生する遅延を排除する事へのニーズが高くなっている。遅延は、サービスの性能とユーザーエクスペリエンスを低下させる。そのためネットワーク管理者は、ネットワーク機器の性能を計測して彼らの用いるネットワーク機器の性能と特性を把握し、それらの情報を元にネットワークの運用構築を行わなければならない。しかし、旧来のソフトウェアによる計測手法の実装やハードウェアによる計測器の実装は、精度、正確さ、柔軟性、価格等の観点から問題を抱えていた。本研究では、FPGAを用いたネットワーク機器の計測手法を提案し、FPGAによる計測手法を用いて明らかとなったネットワーク機器の性能や特性に関する知見を示す事により、FPGAを利用した計測手法の優位性を示す。

2. FPGAによる計測手法

FPGA(Field Programmable Gateway Alley)とは、HDL(Hardware Description Language)言語による記述を用いて製造後に回路構成を指定し変更する事が可能な集積回路である。そのため従来存在したソフトウェア実装やハードウェア実装による計測器より高精度で正確な計測を行う事が可能であり、計測用途に合わせて柔軟に構成を変更する事が可能である。

本研究でのFPGAを用いたネットワーク機器の性能計測手法は、慶應義塾大学村井研究室に所属する松谷健史氏による実装を用いており、Gigabit Ethernetプロトコルヘッダ情報を用いた転送時の性能とIPv4プロトコルヘッダ情報を用いた転送時の性能を計測することが可能である。計測可能な性能の項目は、フレーム、またはパケットの転送の際に発生した遅延、また秒間受信フレーム数である。これらからネットワーク機器によるフレームやパケットの転送の際に発生した遅延とドロップレートを明らかにする。

本研究で用いた計測器に対して、その精度と正確さを明らかにするため複数の長さのケーブルによる計測器の用いるポートを接続し、計測を行った。得られた値を元に最小二乗法により一次関数へのあてはめを行い、計測器内部で得られる値の精度と正確さ検証と、計測器内部とケーブルにより発生する遅延を明らかにした結果を図1

本研究で用いた計測器は、内部にて ± 0.2453 の誤差で459.913ナノ秒の遅延が発生しており、ケーブル1メートルにつき ± 0.01907 の誤差で4.72284ナノ秒の遅延が発生している事が明らかとなった。以降、実験を行なった結果得られた数値として示す計測対象の内部遅延は、計測器内部で発生する460ナノ秒の遅延と1メートルのケーブル2つを用いて接続する事から9.4ナノ秒の遅延を考慮して得られた遅延の値から除いたものを用いる。

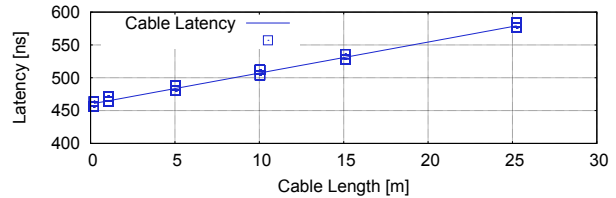


図 1: 複数のケーブル長

3. 評価

本研究では、前章で示したFPGAによるネットワーク機器の計測手法を用いて実験を行い、ネットワーク機器の違い、ポートの構成により生じる性能差、内部構成に起因する機器の特性等を計測して明らかにする事でFPGAを用いたネットワーク機器の計測手法がネットワーク技術者のニーズを満たしうる事を示す。

3.1 ネットワーク機器毎の転送性能の差異

本節では、ネットワーク機器毎の転送性能の比較として、Gigabit Ethernetによる複数のフレームサイズ毎に転送に要する遅延の計測を行って得られた、計測結果を図2に示す。

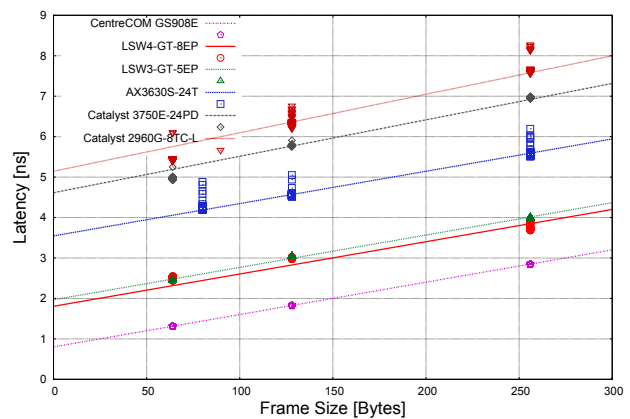


図 2: Gigabit Ethernet による転送性能の差異

3.2 ポートの構成により生じる性能差

本節では、ネットワーク機器によっては通信に用いられるポートによっては内部で接続しているASICが異なり、転送性能が異なりうるという仮説の検証として同一ネットワーク機器の複数のポートに対して計測を行い、その性能差の比較を行なった。その結果を図3、図4に示す。

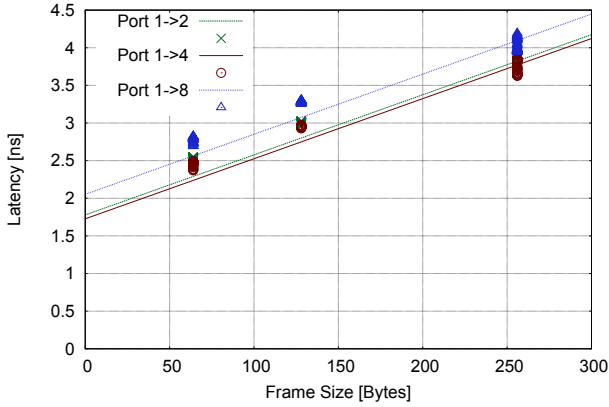


図 3: 同一機器のポート毎の遅延の差異

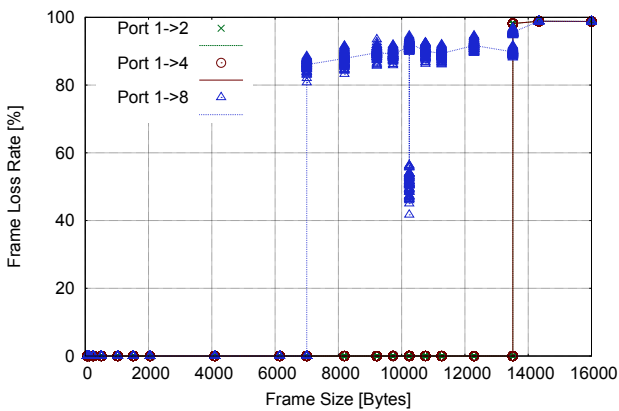


図 4: 同一機器のポート毎のフレームドロップレートの差異

3.3 内部構成に起因する機器の特性

本節では、ネットワーク機器毎にバッファリング機構等の特性によって転送性能に影響が現れる可能性があるという仮説の検証として IPv4 パケットを用いた転送性能計測時にバッファリングにより遅延が変動している事が見られた AX3630S-24T と Catalyst3750G-24PS に対してそのバッファリング時の挙動の分析を行い、その特性に関して考察を行なった。AX3630S-24T と Catalyst3750G-24PS に対して 64byte の IPv4 パケットを用いて転送性能を計測して得られた計測結果をそれぞれ図 5、図 6 に示す。

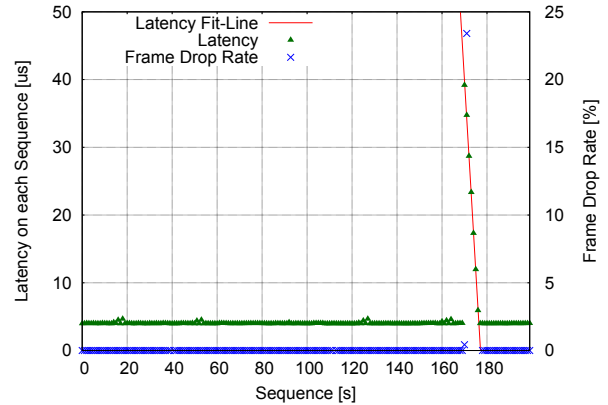


図 5: AX3630S-24T 64byte のフレームでの計測時

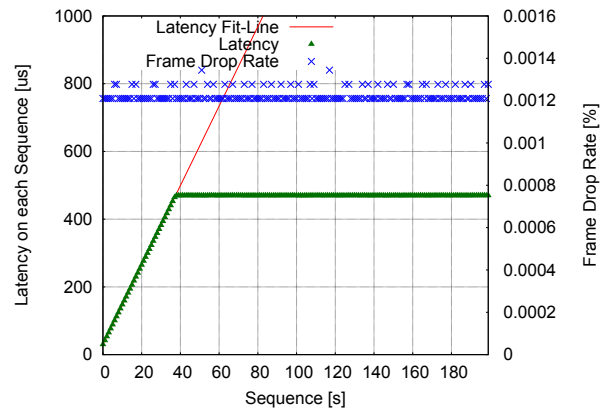


図 6: C3750G-24PS 64byte のフレームでの計測時

4. 結論

本研究では、FPGA を用いた計測器の実装の校正により、FPGA を用いたネットワーク機器の性能の計測手法が高い精度と正確さを持っている事が示された。また、FPGA を用いたネットワーク機器の性能の計測手法により、ネットワーク機器の機器ごと、ポート毎の性能差等が明らかとなり、内部ハードウェアの特性によりバッファリングの処理により転送性能に大きな差異が発生する事が示された。

これらの事から、FPGAがネットワーク機器の性能計測において高精度で正確、且つ柔軟な計測手法を実現し、ネットワーク技術者のニーズを満たしうる事が明らかとなった。

また、ネットワーク機器によっては、付随するカタログスペックと実際の性能が異なる場合が存在し、通信に用いるポートによって性能が異なる場合が存在し、高等なネットワーク機器がユーザの求める性能を満たし得ない場合がある事が明らかとなった。その為、遅延によるシステムやサービスへの影響の大きいネットワークの運用構築を行う技術者は、ネットワーク機器の性能計測器を用いてネットワーク機器の性能を詳しく計測する必要がある事が示された。

5. 今後の課題

本研究で用いたFPGAによる計測器の実装では、IPv6によるパケットの転送性能を計測する事が出来なかった。IPv4のアドレスプールが枯渇した以上、IPv6でのパケットの転送性能の計測は必要である。また、本研究では計測を行なったネットワーク機器の数が7機のみと、サンプル数としては問題があるため、計測対象の増加が必要である。