

I/O 処理オフロードに向けた SmartNIC と CPU のネットワーク性能特性の比較

宮川大輝¹ 深井貴明² 李彦志¹ 広瀬崇宏² 菅谷みどり¹

概要：近年、アプリケーションにおいてデータ通信量やリクエスト数が増大し、ネットワーク処理がボトルネックになっている。この課題の解決策として、汎用プロセッサが搭載されているネットワークデバイスである、SmartNIC の活用が提案されており、アプリケーションの I/O 処理を SmartNIC にオフロードすることができる。しかし、CPU と SmartNIC では I/O 性能特性が異なるため、どのような I/O 処理がオフロードに適しているかは明らかではない。本研究では、SmartNIC の一つである NVIDIA BlueField-2 DPU について、ネットワーク性能評価を実施し、性能特性を分析した。この結果を通じて、オフロードに適した I/O 処理について議論する。

キーワード：SmartNIC, BlueField-2 DPU, ネットワーク性能

1. 背景

第 5 期科学技術基本計画において、2016 年に Society 5.0 が提唱された [1]。Society 5.0 では、サーバーが大量のデータを処理し、人間中心の社会の様々な活動を支える高度な AI 処理を行う。これにより、低遅延・高性能な計算資源を必要とするアプリケーションを提供することが可能になる。

このような要求に対する技術として、SmartNIC の活用が期待されている。SmartNIC とは、NIC(Network Interface Card)に ARM プロセッサやアクセラレーターを搭載したもので、CPU で行われてきたネットワーク関連の処理を SmartNIC にオフロードできる[2][3]。SmartNIC へのオフロードにより、ネットワーク処理性能の向上や CPU 使用率の低減が期待できる。

2. 課題

SmartNIC は CPU の代わりにネットワーク関連の様々な処理を実行することができるが、動作状況によってはシステムの性能が改善しない場合がある。例えば、BlueField-2 DPU を使って TLS 暗号化のオフロード機能を実装・評価した際、SmartNIC を使わない場合と比べて所要時間が増大してしまう結果がみられた。

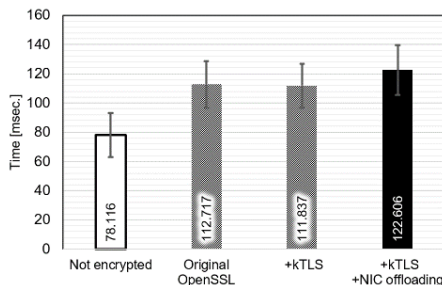


図 1：TLS 暗号化通信でのファイル送受信の所要時間

このように、SmartNIC の性能特性が詳しく明らかになっていないため、適切な動作状況を検討できないという課題

がある。

3. 目的

本研究では、SmartNIC のネットワーク性能測定実験を通じて、性能特性を明確化する。性能測定の結果を分析し、適切な動作状況での SmartNIC の活用を目的とする。

4. 実験

NVIDIA BlueField-2 DPU の、TCP/IP ネットワーク性能測定実験を行った。スループットの測定には iperf を使用し、下記の実験システム A および B、それぞれの CPU と SmartNIC をペアにし、かつパケットサイズを変えて測定した。また、遅延(レイテンシー)の測定には qperf を使用した。

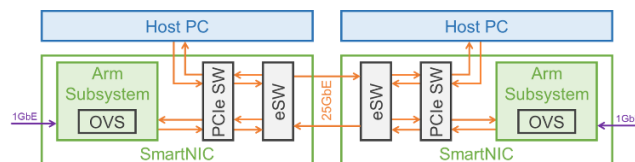


図 2：実験システム構成図

表 1：実験システム A 構成表

CPU	Intel Core i7-6700K
メモリ	64GB DDR4-2133
NIC	NVIDIA BlueField-2 P-Series DPU 25GbE MBF2H332A-AECOT
OS	Ubuntu 22.04.2 LTS

表 2：実験システム B 構成表

CPU	Intel Xeon Gold 6212U
メモリ	256GB DDR4-2933
NIC	NVIDIA BlueField-2 P-Series DPU 25GbE MBF2H332A-AECOT
OS	Ubuntu 22.04.2 LTS

1 芝浦工業大学

2 産業技術総合研究所

5. 結果

測定の結果を以下の図 3 から図 5 に示す。

システム間通信において(図 3, 図 4), パケットサイズを大きくしていった際のスループットの上昇は, 送信側が CPU か SmartNIC にかよって変わる傾向がみられた. また, スループットの最大値は, 受信側が CPU か SmartNIC にかよって変わる傾向がみられた.

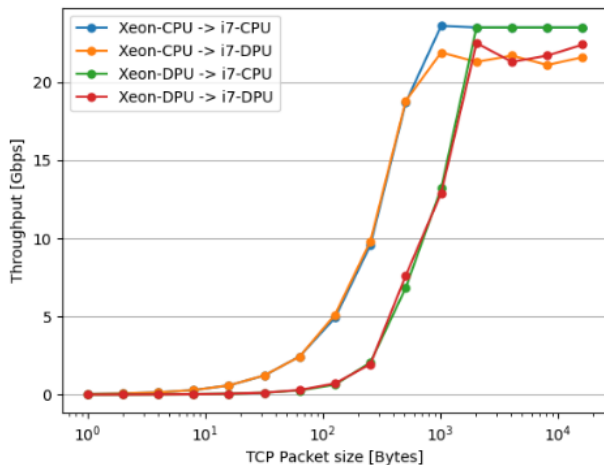


図 3 : システム間通信(B から A)のスループット

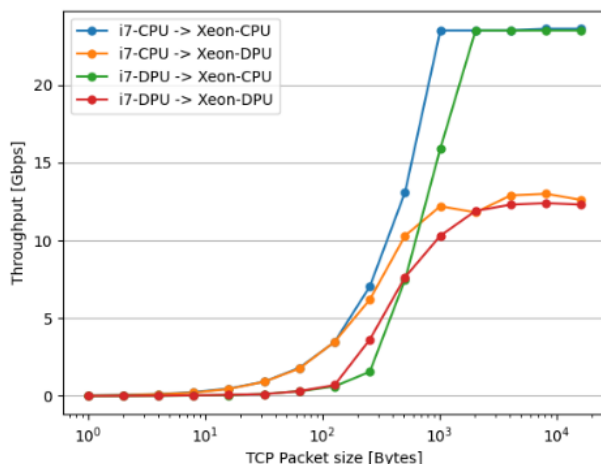


図 4 : システム間通信(A から B)のスループット

システム内通信においては(図 5), システム間通信と同じ傾向がみられたが, それに加えて, CPU から SmartNIC に向けた通信において, システム B はシステム A と比べてスループットが低かった.

また遅延について(図 6), システム間通信における受信側が CPU の場合と SmartNIC の場合を比較すると, SmartNIC の方が数マイクロ~数十マイクロ秒大きかった.

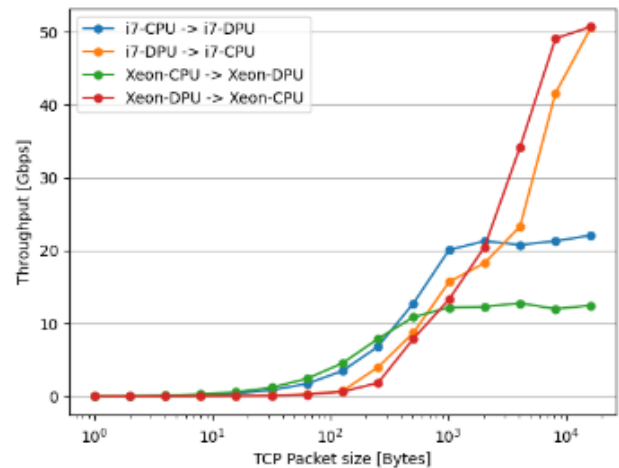


図 5 : システム内通信のスループット

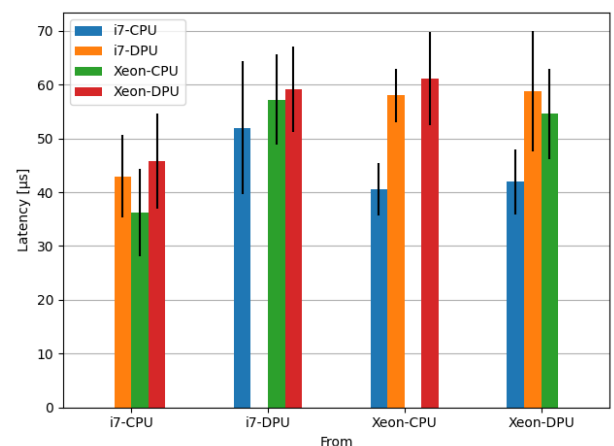


図 6 : システム間・システム内の遅延

6. まとめ

本研究では, SmartNIC の TCP/IP ネットワーク性能の測定を行った. 実験より, SmartNIC を使うことで性能に大きく差が出るのが分かった. 今後は, SmartNIC にオフロードした際の CPU 使用率の変化や, VirtIO デバイス機能を使った仮想マシン間やコンテナ間の通信性能など, より詳細な性能測定を行う. また, 性能測定結果を活かし, SmartNIC の適切なオフロード方法を引き続き検討する.

参考文献

- [1] Society 5.0 - 科学技術政策 - 内閣府, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/ (2022 年 7 月 24 日参照)
- [2] S. Di Girolamo et al., "Building Blocks for Network-Accelerated Distributed File Systems," SC22: International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, Dallas, TX, USA, 2022, pp. 1-14, doi: 10.1109/SC41404.2022.00015.
- [3] Boris Pismenny, Haggai Eran, Aviad Yehezkel, Liran Liss, Adam Morrison, and Dan Tsafir. 2021. Autonomous NIC offloads. In Proceedings of the 26th ACM International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 18-35. <https://doi.org/10.1145/3445814.3446732>