

## 10 GbE 環境における通信処理性能の分析 Analysis of Communication Processing Performance in 10 GbE Environment

西本 伊織<sup>†</sup> 加藤 純<sup>††</sup> 佐藤 充<sup>††</sup> 中島 耕太<sup>††</sup>  
Iori Nishimoto Jun Kato Mitsuru Sato Kohta Nakashima  
山内 利宏<sup>†††</sup> 乃村 能成<sup>†††</sup> 谷口 秀夫<sup>†††</sup>  
Toshihiro Yamauchi Yoshinari Nomura Hideo Taniguchi

表 1 測定に使用した計算機とスイッチングハブ

計算機 (2 台)			スイッチングハブ
CPU	NIC	カーネル	
Intel Core i7-11700K (8 コア, 3.60GHz)	BlueField-2 (10 Gbps)	Linux Kernel	QNAP QSW-2104-2S
	X550-T2 (10 Gbps)	5.4.0-89-generic	NETGEAR PROSAFE XS508M
	I219-V (1 Gbps)		

\*1 計算機はシングルコアで動作

### 1 はじめに

10 Gbps 以上の高速な通信機器が開発され、高速な通信路が利用可能になっている。10 Gbps に対応した通信機器の低価格化に伴い、10 GbE 環境の利用が増加している。文献 [1] では、廉価な複数の NIC (Network Interface Card) を連携制御し、負荷分散することで、高速な通信を可能にする手法が提案されている。また、近年、エッジ処理を利用した通信環境 (以降、エッジ環境) では、低遅延で通信可能であることが重要視されている。

そこで、本稿では、10GbE 環境における通信遅延を分析した結果を報告する。

### 2 分析

#### 2.1 目的

低遅延での通信を実現するために、現状の通信遅延の課題を明確化する必要がある。このため、複数の通信環境における通信遅延を分析する。具体的には、10 GbE 環境と 1 GbE 環境における通信遅延を測定し、各測定環境における通信遅延のばらつきを分析する。

#### 2.2 測定環境

測定に使用した計算機とスイッチングハブを表 1 に示す。測定では、同一の構成をした計算機を 2 台使用し、各計算機上には、3 種の NIC を搭載した。

Smart NIC のような CPU を搭載している最新の NIC を使用した環境における通信遅延を分析するために、BlueField-2 (100 Gbps NIC) を用いた。また、CPU を搭載していない従来の NIC を使用した環境における通信遅延を分析するために、X550-T2 (10 Gbps NIC) を用いた。さらに、現在広く普及している 1 GbE 環境と 10 GbE 環境を比較するために、I219-V (1 Gbps NIC) を用いた。

なお、BlueField-2 は 100 Gbps に対応しているが、エッジ環境では無線で通信する 경우가多く、帯域幅は数 Gbps 程度である。このため、BlueField-2 は、10 Gbps とし、分析した。

測定では、同一 NIC を用いた 3 つの組合せでデータの送受信時間を測定し、分析した。

- (1) BlueField-2 を使用した測定環境 (以降、BlueField-2 環境)
- (2) X550-T2 を使用した測定環境 (以降、X550 環境)
- (3) I219-V を使用した測定環境 (以降、1 GbE 環境)

BlueField-2 環境において、各計算機は、スイッチングハブ (QNAP QSW-2104-2S) と光ファイバケーブルを

介して接続した。一方、X550 環境と 1 GbE 環境において、各計算機はスイッチングハブ (NETGEAR PROSAFE XS508M) と LAN ケーブルを介して接続した。なお、各計算機はシングルコアで動作させた。また、測定に使用するカーネルは、Linux Kernel 5.4.0-89-generic とした。

#### 2.3 測定方法

通信遅延の指標の 1 つである RTT (Round Trip Time) の観点から分析した。具体的には、各測定環境において、送信処理を行うシステムコールである `sendto()` の処理開始から受信処理を行うシステムコールである `recvfrom()` の処理終了までの経過時間 (以降、送受信経過時間) を測定し、比較した。

各測定環境において、測定プログラムを実行し、計算機間で 1 対 1 通信を行うプロセスを走行させた。具体的には、2 つのプロセス間でデータを交互に送受信する処理を 1,000 回行い、このうち 201 回目から 400 回目を対象として、送受信経過時間を測定した。また、送信データサイズは、1 B と 1 KB とし、送信データサイズによる送受信経過時間の差を分析した。また、測定で使用する通信プロトコルは、エッジ環境でよく利用される TCP とした。

測定では、測定に関係のないプロセス (以降、他プロセス) の処理のように、送受信経過時間に影響を与え得る外的要因を削減する必要がある。このため、計算機を起動し、5 分間隔を空けて測定プログラムを実行した。

#### 2.4 測定結果と考察

送信データサイズが 1 B と 1 KB の送受信経過時間を図 1 と図 2 に示す。また、送信データサイズが 1 B と 1 KB の送受信 1 回あたりの送受信経過時間を表 2 と表 3 に示す。

図 1、図 2、表 2、および表 3 より、以下のことが分かる。

(1) 表 2、表 3 より、BlueField-2 環境において、送信データサイズが 1 B、1 KB の送受信経過時間の標準偏差は、それぞれ 4.46、4.18 である。また、1 GbE 環境において、送信データサイズが 1 B、1 KB の送受信経過時間の標準偏差は、それぞれ 0.80、1.87 である。このことから、BlueField-2 環境と 1 GbE 環境において、送信データサイズによる標準偏差の差は小さい。

(2) 図 1(B) と表 2 より、X550 環境において、送信デー

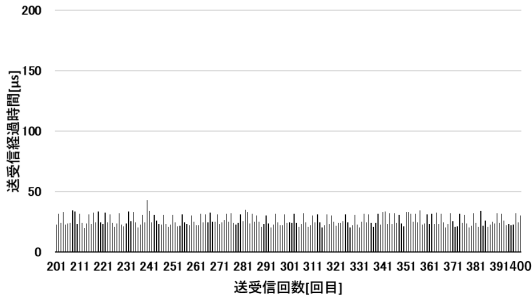
<sup>†</sup> 岡山大学大学院自然科学研究科, Okayama University

<sup>††</sup> 富士通株式会社, Fujitsu Limited

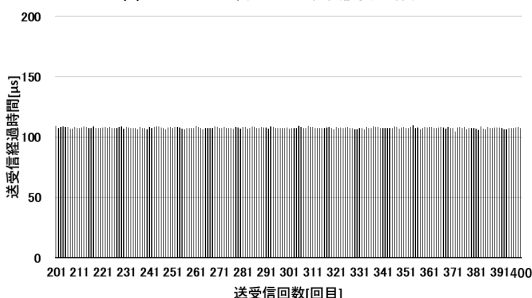
<sup>†††</sup> 岡山大学学術研究院自然科学学域, Okayama University

表 2 送受信 1 回あたりの送受信経過時間 (1 B)

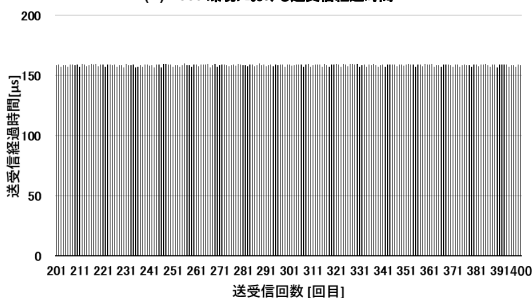
測定環境	最大値 [μs]	最小値 [μs]	平均値 [μs]	中央値 [μs]	標準偏差
BlueField-2 環境	42.62	19.64	26.06	24.22	4.46
X550 環境	109.57	104.59	107.74	107.54	0.69
1 GbE 環境	160.15	156.64	158.65	158.93	0.80



(A) BlueField-2 環境における送受信経過時間



(B) X550 環境における送受信経過時間



(C) 1GbE 環境における送受信経過時間

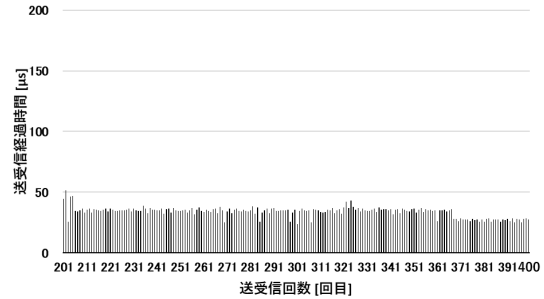
図 1 各測定環境における送受信経過時間 (1 B)

タサイズが 1 B の送受信経過時間の標準偏差が 0.69 と小さい。一方、図 2 (B) と表 3 より、送信データサイズが 1 KB の送受信経過時間は、周期的に長くなり、標準偏差が 22.40 と大きい。このことから、X550 環境において、送信データサイズの違いにより、標準偏差の差は大きく、送受信経過時間にばらつきがある。また、1 KB の送受信経過時間の約 25% (51 回) が 100 μs 以下であり、1B の送受信経過時間 (最小値: 104.59 μs) より短く、データサイズと送受信経過時間の関係が逆転している場合がある。この点について、各計算機での送信処理と受信処理を詳細に分析し、送受信経過時間のばらつきなどの要因を明確化する必要がある。

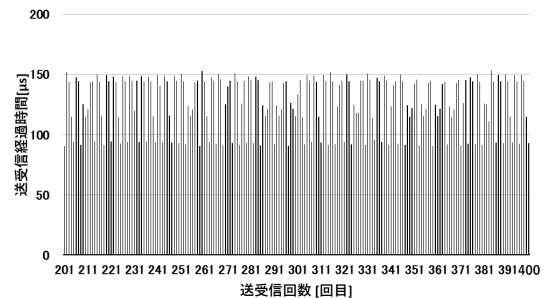
(3) 表 2, 表 3 より、10 GbE 環境において、送信データサイズが 1 B と 1 KB の場合、X550 環境における送受信経過時間は BlueField-2 環境より、それぞれ 81.68 μs, 91.09 μs 長い。つまり、10 GbE 環境であっても、送受信経過時間に大きな差が生じる。BlueField-2 と X550 は、CPU の搭載有無の違いがあり、送受信時に使用するデバイスドライバも異なる。この環境においても、送信処理と受信処理において、NIC 自体の性能の違い、デバイ

表 3 送受信 1 回あたりの送受信経過時間 (1 KB)

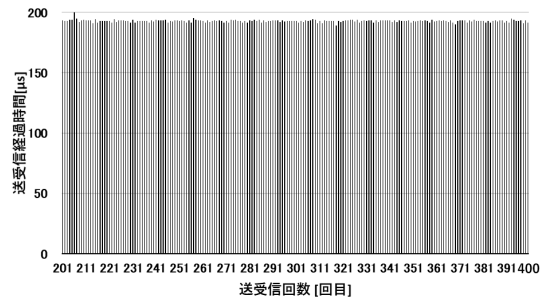
測定環境	最大値 [μs]	最小値 [μs]	平均値 [μs]	中央値 [μs]	標準偏差
BlueField-2 環境	51.36	23.81	33.76	34.91	4.18
X550 環境	153.21	90.51	125.66	126.15	22.40
1 GbE 環境	216.65	189.24	193.06	193.13	1.87



(A) BlueField-2 環境における送受信経過時間



(B) X550 環境における送受信経過時間



(C) 1GbE 環境における送受信経過時間

図 2 各測定環境における送受信経過時間 (1 KB)

スドライバなどのソフトウェア処理に着目した詳細な性能分析が必要である。

### 3 おわりに

現状の通信遅延の課題を明確化するために 10 GbE 環境と 1 GbE 環境における通信遅延のばらつきを分析した。分析結果より、X550 環境において、送信データサイズが 1 KB のとき、送受信経過時間のばらつきが大きくなり、送受信経過時間の約 25% が 1B の送受信経過時間に比べ、短くなることを示した。また、10 GbE 環境について、X550 環境における送受信経過時間が BlueField-2 環境より長いことを示した。

今後は、上記環境のソフトウェア処理に着目して、送受信経過時間のばらつきや、NIC の違いにより送受信経過時間に差が生じた要因を詳細に分析する。

#### 参考文献

- [1] 谷口秀夫, 吉田泰三, 山内利宏, 佐藤将也: 過去の NIC 負荷とプロセスのデータ送受信量を考慮した複数 NIC 間での負荷分散法, 第 26 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp.68-73, (2018).