

工作機器の遠隔操作実現を目的とした ローカル5Gのスループット性能評価

下井谷 優太[†] 遠藤 慶一[‡]
愛媛大学工学部工学科[†]

黒田 久泰[‡] 小林 真也[‡]
愛媛大学大学院理工学研究科[‡]

1. はじめに

近年、産業現場では、安全性や作業効率等の面から作業を遠隔で行うことが注目されている。また、遠隔操作に用いる無線通信として、4Gの次世代規格である5Gを用いたローカル5Gが候補となっている。しかし、ローカル5Gのネットワークが不安定だと、遠隔操作の際に大きな事故を招く危険がある。そのため、ローカル5Gのネットワーク性能を評価する必要がある。

そこで、本研究では、ローカル5Gのスループット性能の点で、実際の産業現場にてローカル5Gが有用であるかを検討する。長期的にスループットを測定し、スループットの変動が遠隔操作に支障をきたさない範囲であるかを評価する。

2. 研究背景

2.1. 産業現場の遠隔操作の現状と課題点

近年、産業現場では、遠隔操作が注目されている。遠隔操作を導入する利点として、作業者の身体に影響を及ぼす危険がある現場の作業を、遠隔で安全に行うことができる点、度々現場に赴く必要が薄れるため、作業効率が上がる点などが挙げられる。

この遠隔操作に用いる無線通信として、ローカル5Gが候補となっている。その理由として、5Gが、大容量通信や低遅延性などの利点から産業利用に期待されていることに加え、公共の5Gとは違い、ローカル5Gは、外のトラフィックの通信影響を受けづらく、セキュリティが高いことが挙げられる。

現在、ローカル5Gと地域閉域網でネットワークを構成し、遠隔加工制御を行う実証が行われている。しかし、現状、そのネットワークでは、時々通信障害が発生しており、通信が不安定になるときがある。加えて、障害発生箇所や原因は特定されていない。このネットワークが不安定だと、遠隔操作の際に大きな事故を招く危険がある。

そこで、本研究では、ローカル5Gのネットワーク性能を、スループット性能の点で評価する。スループット測定により、スループットが極端に低い時間帯があるなどの課題点を把握できれば、その時間を避けて通信を行う、などの解決方法を提案することが可能になる。

一方、10秒程度の短期測定を1回行うだけでは、ローカル5Gのスループットの変動を把握できたとはいえない。そこで、本研究では、スループットを長期的に測定

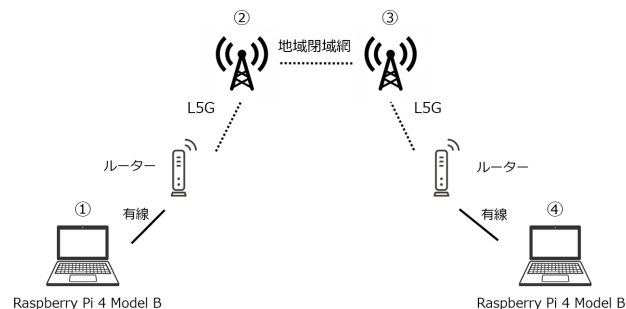


図 1: ネットワーク構成

し、測定結果からスループットの変動を得る。スループットの変動を得ることで、ローカル5Gのネットワークが長期的に安定していることが判明すれば、ローカル5Gは産業現場の遠隔操作に有用であることを示すことができる。また、長期測定を行うことで、ローカル5Gと地域閉域網で構成されているネットワークの通信障害の発生箇所や原因特定が可能となる。

2.2. 研究目的

ローカル5Gのスループット性能の点で、実際の産業現場にてローカル5Gが有用であるかを示す。

2.3. 研究目標

長期的にスループットを測定し、スループットの変動が遠隔操作に支障をきたさない範囲であるかを評価する。

3. スループットの測定

3.1. 使用機器とネットワーク構成

本研究の測定では、Raspberry Pi 4 Model B（以下、RasPiと省略）を4台用いる。RasPiを用いる利点として、約5,000円程度で安価な点や、省電力である点などが挙げられる。

また、実地のネットワーク構成図を図1に示す。4台のRasPiは、それぞれ、図1の①、②、③、④に設置する。②、③については、ローカル5Gの基地局直下にRasPiを設置する。

3.2. 測定方法

本研究の測定では、iPerf3を用いる[1]。iPerf3とは、クライアントとサーバ間のネットワークスループット等の測定が可能なツールである。RasPiを、それぞれクライアント、サーバとして設定し、RasPi間で双方向のスループット測定を行う。

Throughput performance evaluation of local 5G for realizing remote operation of industrial machines

[†] Y. Shimoitani
Department of Engineering, Faculty of Engineering, Ehime University

[‡] K. Endo, H. Kuroda, S. Kobayashi
Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

本研究では長期測定を行うため、cronを用いる。cronを利用することで「毎日2時に測定」「10分毎に測定」というように、作業を自動化することができ、人の作業効率を改善することが可能となる。

3.3. 測定条件

長期測定は以下の区間で行う（図1を参照）。

1. エンドのRasPiと、ローカル5G直下のRasPi間（図1: ①—②間）
2. ローカル5G直下のRasPiと、ローカル5G直下のRasPi間（図1: ②—③間）
3. ローカル5G直下のRasPiと、エンドのRasPi間（図1: ③—④間）
4. エンドのRasPiと、エンドのRasPi間（図1: ①—④間）

スループットが著しく低下する等の問題が発生したとき、エンドのRasPiと、エンドのRasPi間（図1: ①—④間）の測定だけでは、どの通信区間に問題が発生しているのか把握できない。そこで、本研究では、上記の4区間の測定を行うことで、問題発生箇所の特定を可能とする。

測定期間は、1/25開始で1週間以上とする。

MTUサイズはそれぞれ、660, 1060, 1460, 1500とする。各MTUサイズでの測定を行うことで、各区間の通信における最適なMTUサイズを検証する。

長期測定にはcron機能を用いる。測定に影響を与えてはならないため、長期測定を行う際は、RasPiが測定処理を同時に行わないようにする。そのため、①—②間と③—④間の2区間は同時に測定可能である。以上を踏まえ、長期測定のサイクルは以下のようにする。

(MTU660)

```

「①—④間を、1分間、測定」
↓ (30秒待機)
「①—②間と③—④間を、1分間、測定」
↓ (30秒待機)
「②—③間を、1分間、測定」
↓ (60秒待機)

```

(MTU1060)

```

「①—④間を、1分間、測定」
↓ (30秒待機)
「①—②間と③—④間を、1分間、測定」
↓ (30秒待機)
「②—③間を、1分間、測定」
↓ (60秒待機)

```

(MTU1460)

```

「①—④間を、1分間、測定」
↓ (30秒待機)
「①—②間と③—④間を、1分間、測定」
↓ (30秒待機)
「②—③間を、1分間、測定」
↓ (60秒待機)

```

(MTU1500)

```

「①—④間を、1分間、測定」

```

```

↓ (30秒待機)
「①—②間と③—④間を、1分間、測定」
↓ (30秒待機)
「②—③間を、1分間、測定」
↓ (60秒待機)
(再びMTU660)
「①—④間を、1分間、測定」
↓ (30秒待機)
「①—②間と③—④間を、1分間、測定」
↓ (30秒待機)
「②—③間を、1分間、測定」
↓ (60秒待機)

```

(以下省略)

この測定を1週間以上行うことで、各区間で、各MTUサイズのスループットデータが数万個以上得られる。この測定結果から、最小値や標準偏差等を得ることで、ローカル5Gのスループット性能を評価する。

4. おわりに

本稿では、産業現場の遠隔操作においてローカル5Gが有用であるかを示すために、ローカル5Gのネットワーク性能を評価する必要があること、また、ネットワーク性能評価をスループット性能の点で行うことを述べた。そのために、cron機能やiPerfを用いて、スループットの長期測定を行うことを説明した。

今後は、実際に、実地でローカル5Gのスループットを測定し、産業現場の遠隔操作においてローカル5Gが有用であるかを示す。

参考文献

- [1] “iPerf - The ultimate speed test tool for TCP, UDP and SCTP”, 最終閲覧日: 2022年12月27日, <https://iperf.fr/>