

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：30103  
研究種目：奨励研究  
研究期間：2023～2023  
課題番号：23H05391  
研究課題名 降雪地におけるミリ波拠点間通信を用いたキャンパスLANの実効性評価

## 研究代表者

原田 寛之 (Harada, Hiroyuki)

札幌学院大学・未登録・専門職員 (情報処理技術者)

交付決定額 (研究期間全体) : (直接経費) 480,000 円

研究成果の概要：有線での直接接続が難しい拠点間の通信においては、無線通信にて拠点間接続を行うことが可能であるが、降雪地の冬季では悪天候時の伝送遅延や安定性が懸念されていた。実際の冬季降雪地での長期検証によって、IEEE802.11ay での拠点間接続は、バックホール回線として冬季降雪時を含め十分な品質を有することが確認できた。これにより、従来キャンパスLANに收容することが困難であった施設においても、年間を通じてミリ波拠点間通信を用いてキャンパス無線LANをサービス提供することが可能であることを示した。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

IEEE802.1X 認証や、OpenRoamingで認証の前段で用いられる Passpoint において、ミリ波による拠点間通信を経由した基地局の悪天候時の伝送遅延がサービスの実効性にどのような影響を与えるかについては十分には明らかになっていなかった。eduroam と OpenRoaming が共に利用可能なキャンパス無線 LAN 基地局のバックボーンにおいて、免許不要で低コストかつ容易に導入可能な60GHz帯無線設備を使用する構成の降雪地域における実効性を検証したことで、今後本学のみならず、国内外で広く教育研究の場と機会の拡大が可能であることを示した。

研究分野：無線LAN

キーワード：Wi-Fi ミリ波

## 1. 研究の目的

有線での直接接続が難しい拠点間の通信においては、無線通信にて拠点間接続を行うことが可能であるが、降雪地の冬季では悪天候時の伝送遅延や安定性が懸念される。一方、ミリ波を使用する機器では伝送速度・遅延共に有線 LAN に匹敵する性能で接続可能な比較的安価な製品が出てきている。教育研究活動においては、より高速広帯域の無線 LAN を利用できる環境が求められてきていることから、実際にキャンパス内の有線での直接接続が難しい施設をミリ波の中でも届出・免許不要で運用できる 60GHz 帯無線設備で接続し、利用者にキャンパス無線 LAN 接続環境を試験的に提供しながら、その実効性を検証する。

## 2. 研究成果

免許不要で利用できる IEEE802.11ay による 60GHz 帯ミリ波拠点間通信の検証環境の構築にあたっては、その電波の直進性から経路の見通しの確保が必要となる。このため、札幌学院大学においてキャンパス LAN が既設されており、第二キャンパス側から視認できる第一キャンパスの屋上と、第二キャンパス体育センターの屋上の間、およそ 700m の距離をミリ波で接続し、冬季降雪時に安定して接続できるか確認した。

検証では、台湾の Accton Technology 製の MLTG-CN LR を両拠点に配置し、P2P モードで稼働させた。本製品の最大通信距離は 1km ( 対向にも MLTG-CN LR を用いて IEEE802.11ay の MCS9 で運用する場合 ) である。有線 LAN インターフェースとしては 2.5GBASET を備えており、最大伝送速度は 1.8Gbps となっている。両拠点には 2.5GbE の USB-Ethernet にて Raspberry Pi 4 Model B をそれぞれ設置した Raspberry Pi 間を直接接続した際のスループットを iperf3 にて測定したところ、およそ 1.9Gbps で通信可能であった。合わせて G 館側の Raspberry Pi には湿温度スマートセンサーを接続し、検証環境の天候を簡易的に記録した。キャンパス LAN 自体の安定性を拠点間通信の安定性と混同しないよう、電子計算機センターのサーバ室に設置した計測用サーバにて、両拠点の MLTG-CN LR に対し SmokePing で ping の応答状況によりネットワークの遅延状況を視覚化した。また、より実際の利用に近い検証として、両拠点に RTMP ( Real-Time Messaging Protocol ) にてライブ配信可能な 4K カメラを設置し、映像を YouTube Live で公開配信した。YouTube Live はカメラからの映像送信が途絶えると配信を自動ストップする機能があり、通信の継続性を確認することが可能である。

設置した本環境において Raspberry Pi 間で iperf3 によりスループットを測定したところ、1.3Gbps に達し、既設キャンパス LAN と遜色ない性能が得られることを確認した。検証は設置期間中繰り返し実施し、常時概ね 1Gbps 以上のスループットが得られたことから、遠隔拠点にキャンパス無線 LAN を設置する際のバックホール回線として十分な性能を有していることが確認できた。また計測用サーバにて両拠点の MLTG-CN LR に対し SmokePing でネットワークの遅延状況を継続的に計測した。応答時間の平均値は計測用サーバとキャンパス LAN で直接接続されている親機が平均 1.1ms であるのに対し、IEEE802.11ay により 700m の距離を接続している子機が平均 1.6ms となり、0.5ms 程度の遅延が確認できた。検証期間中、湿温度計のデータは、2023 年 1 月 25 日早朝に - 13.5 を記録した。気象庁の観測によれば、江別 ( 石狩地方 ) の過去最低気温は 2023 年 1 月 30 日の - 26.6 、また江別市の統計によれば近年の日最大降雪量は 2023 年 1 月 4 日の 35cm であった。いずれも検証期間中に記録されたものであるが、YouTube Live のライブ配信は、2022 年 11 月 26 日の配信開始から江別キャンパスの電気設備法定点検に伴う停電を実施した 2023 年 8 月 26 日までの 6,526 時間 ( 271 日間 )、停止することなく配信を継続できた。

また、バックホール回線として 60GHz 帯ミリ波拠点間通信を用いた eduroam / OpenRoaming 基地局の実用性を検証するため、検証用のクライアントで定期的に接続を繰り返して認証ログを解析することで、その実用性を評価した。基地局が接続されている RADIUS Proxy で検証用クライアントの認証ログを確認したところ、24 時間で 328 回の認証成功が記録されていることが確認できた。5 分毎の認証が発生したとすれば 288 回となり、再認証を含めて安定して接続できていることが確認できた。

検証を通じて、着雪対策が施された MLTG-CN LR による IEEE802.11ay での拠点間接続は、バックホール回線として冬季降雪時を含め十分な品質を有することが確認できた。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 原田 寛之, 後藤 英昭, 漆谷 重雄
2. 発表標題 降雪地におけるミリ波拠点間通信を用いたキャンパス LAN の実効性評価
3. 学会等名 大学ICT推進協議会 2023年度 年次大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------