

第18部

ネットワークモニタリング

石原知洋

第1章 はじめに

SINDAN (Simple Integrated Network Diagnosis And Notification)ワーキンググループは、ネットワーク運用におけるネットワーク状態の把握やその評価手法の研究開発を目的としている。特に、ユーザが経験する「接続できない」といった問題を解決するために、以下の2つの主な目的を掲げて研究開発を行っている。

階層的測定によるネットワーク障害の特定

ユーザー視点からネットワーク測定を行い、障害の原因を明確化するための方法を確立する。ネットワーク接続性の階層ごとに測定を実施し、障害箇所の特定を容易にする。

測定結果の標準化と運用者への正確な伝達

ユーザー側で収集したネットワーク接続性の測定結果を正確に運用者へ伝達するため、接続性の記述方法を定義・標準化する。デュアルスタック環境(IPv4およびIPv6)をはじめとする、複雑なネットワーク環境についても考慮し、適切な記述方法について検討をおこなう。

本プロジェクトは、ユーザーから見たネットワークの状態を評価・可視化するシステムの開発を目指し、運用者とユーザー間のコミュニケーションギャップを埋めることを目標としている

第2章 2024年度の活動

2024年度には以下の研究開発を実施した。

1. 自律移動ロボットとSLAM技術を用いた屋内無線LAN環境の測定
2. 無線LAN環境の品質分析のためのアクティブ・パッシブ複合計測手法の開発
3. SINDAN実装の機能更新

以下に各項目の概要について述べる。

2.1 SLAM技術を用いた自律移動ロボットによる無線LAN測定

携帯できる計測機を持ち運ぶことで、ある空間全体の電波強度を測定することを無線サーベイと呼び、無線LAN環境の調査のため広く行われている。しかしながら、無線サーベイは測定員が持ち運んで計測する形態っており、また多くの場合は測定員が位置情報を自分で特定して記録するため、人的コストが高い。そこで、本研究ではSLAM技術を搭載した自律移動ロボットを用いて無線LANの展開を自動測定する手法を開発した。本研究により、コストが高かった無線サーベイを自動かつ安価に行うことが可能となり、従来はコストの関係で困難だった継続的な空間の無線サーベイが可能となった。

本研究では、SLAMの実装としてパーティクルフィルタを用いたGmappingを採用し、測定ロボットの自動移動により、現地の無線LAN環境の測定をおこなうシステムを構築した。計測は、ある地点のRSSIなど、軽量におこなえるパッシブ計測と、SINDANで実施する詳細なアクティブ計測を組み合わせることで、計測結果については従来のSINDANの計測結果集積システムに蓄積する構成とした。図1は測定ロボットにおいてSLAMにより計測した計測対象の地図である。測定した地図情報を元にしていくつかのアクティブ測定点を選定し、それぞれの地点での結果を記録・蓄積し、SINDAN可視化システム

により可視化することができる(図2)

本研究成果は2024年3月電子情報通信学会コミュニケーションシステム研究会において発表を行った。[83]

2.2 無線LAN環境の品質分析のためのアクティブ・パッシブ複合計測手法の開発

無線LAN環境では、物理的・電波的な要因が多く、通信障害の原因を特定するには詳細な分析が必要である。本研究では、アクティブ計測とパッシブ計測を組み合わせた複合測定手法を提案した。この手法により、通信環境をより包括的に評価し、特定の障害や性能低下の原因を解明できる。

従来のSINDANシステムはアクティブ計測を実施しており、物理層の低レイヤからアプリケーション層までレイヤ横断的に実際にネットワーク上で通信を行い、応答の正当性や、スループット、パケットロス率などの測定情報を記録する。

一方で、パッシブ計測は無線LANのモニターモードなどを活用し、Wi-Fiのビーコンや実際の通信フレームをキャプチャし、そのデータを分析することで、再送率、フレーム損失、電波干渉の影響などを把握する手法である。Wi-Fiのパッシブ計測は特に電波環境の物理的な状況や無線層での問題を特定するのに適している。

本研究はこのアクティブ計測とパッシブ計測の結果を組み合わせ、各通信層(物理層、リンク層、ネットワーク層、トランスポート層)のデータを相関付ける。具体的には、アクティブ計測用とパッシブ計測用の無線LANインターフェースを別に用意し、様々なレイヤでのアクティブ計測について、その計測を実施している間の無線LAN通信をパッシブ計測用インターフェースでフレームキャプチャを行い、それぞれの無線フレームの情報を解析し統計処理をおこなう。これにより、アプリケーション層での応答遅延がどのレイヤでの問題に起因しているか、例えば物理レイヤでの電波干渉やフレームのロスなどに起因しているかどうかを判断することが可能になり、通信における問題について具体的な原因を判断することができる。

本研究の有効性を確認するため、いくつかの無線LANレイヤで問題が発生しうるシナリオを再現し、その状況でアクティブ・パッシブ複合計測でどのような結果が見られるか検証をおこなった。検証は電波暗箱内で行い、シナリオは、1)Wi-Fi以外の信号源による電波干渉、2)同一チャンネルに存在する別のWi-Fi基地局およびクライアントによる干渉、3)無線レイヤでの通信トラフィックによる輻輳の3つのシナリオを再現し、それぞれのシナリオにおいて再送フレーム率、TCP Window Sizeの分布、フレーム間ギャップがどのように現れるか調査および検証を実施した。

本研究成果は2024年5月情報処理学会インターネットと運用技術研究会において発表を行った。[82]

2.3 SINDAN実装の機能更新

SINDANワーキンググループでは、計測システムであるSINDANの機能追加など継続的な開発を続けている。本年度の更新については下記の通りである。

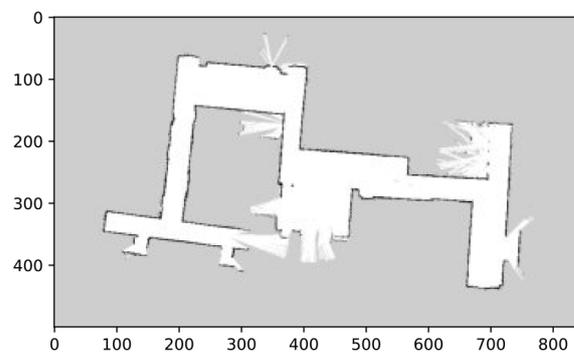


図1 SLAMで構築した実験環境の占有格子地図

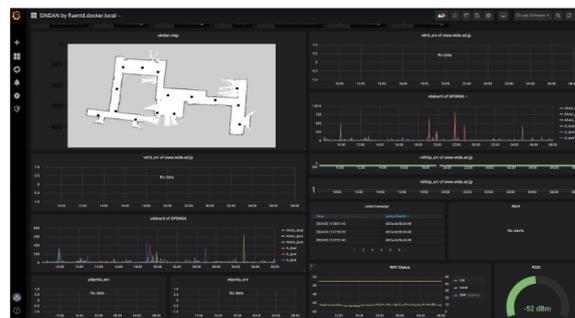


図2 アクティブ計測結果の可視化

1. 通信部分のTLS化

SINDANの蓄積・可視化実装は従来はイベントネットワークでの運用などの場で利用することを想定していた。そのため、漏洩や改ざんなどのリスクは少ないと考え、計測エージェントとサーバ間の通信、および可視化の表示はHTTPを使用しており、通信内容が平文で送信されていた。しかしながら、SINDANの利用形態について、計測エージェントを家庭などの離れた場所に設置するなど多様化していることもあり、これらの通信のTLS化をおこなった。

2. 可視化部分の更新

可視化をおこなう計測パラメータの全体的な見直しを行い、可視化システムのダッシュボードを一新した。ダッシュボードはレイヤ横断的に時間軸を合わせてスタックする形で表示をおこない、それぞれの測定項目の時間的な関連が直感的に分かる形に新たに構成した。