

送信量時系列データ類似性指標を用いた 無線ネットワーク動作推定精度向上の研究

小林 悠生[†] 清原 良三[‡] 寺島 美昭[†]

創価大学 理工学部[†] 神奈川工科大学 情報学部[‡]

1. はじめに

アドホックネットワークを用いた農業 IoT サービスが想定されている中で、そのシステム監視を、各端末のデータ送信量時系列データのみを用いてブラックボックスで行うと、低コストで汎用的なシステムとして運用できる。本研究ではシステム監視のうち、通信経路を算出する際、時系列データの類似性を用いることを想定し、新たな類似性指標を提案することで、精度向上を達成する。

提案手法では、通信経路端末のデータ送信量時系列データの、観測時間に対する類似性が高い時間区間の割合を類似性指標とすることで、相関係数よりも、マルチホップ通信によるバーストなどのエラーを考慮した類似性を測ることができる。

一般的な相関係数で類似性を測る場合、ホップの途中でバーストやパケットドロップなどの現象が発生すると、一部分の傾向変化であっても、類似性が極端に低く評価されてしまう。提案手法ではバーストやドロップの大きさに関わらずその他の類似している区間の割合を基に類似性を評価するため、より正確な通信経路の推定につなげることができる。

2. 研究背景

アドホックネットワークは基地局を必要としないことや障害に強いことが特長であることから、農業 IoT や自動車の自動運転を念頭に置いた車車間通信、被災地域の応急ネットワークなどでの利用が期待されている。しかしこれらは構成が複雑である分、プロトコルなどが異なる各運用ケースに対してパケット解析などを行う監視システムを開発するにはコストがかかるが、ブラックボックスでも有益な情報を得ることができる。

そこでネットワーク監視を、データ送信量のみを利用したブラックボックス監視で実現する事で、細かいプロトコルの仕様に依存しない汎用的な監視システムを構築することができる。これによりシステム監視を低コストで行うことができれば、利用者に向けた簡単なデバッグツールなどの提供が容易になる。

3. 研究目的

本研究では図 1 に示す通り、アドホックネットワークを構成する端末から回収したデータ送信量時系列データを入力とし、通信経路を出力するシステムを想定する。その際、時系列データの類似性を測る指標として、バーストやパケットドロップなどの無線通信の特徴や影響を加味した上で、データ送信量の類似性を定量的に測るための指標を作成し、ネットワーク動作推定の精度向上に繋げる。

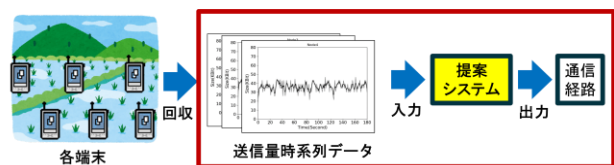


図 1: システム図

4. 課題

アドホックネットワークは中継ノードを経由してポップを繰り返しながら通信を行う方式であり、中継ノードは受信したデータをそのまま次ノードへ送信するため、データ送信量の時系列データを比較すると、隣接した通信端末のデータ同士には類似性があることが期待できる。

また無線で通信を行う際には常にパケットドロップや遅延、バーストなどといった現象が発生しているため、各通信のデータ送信量時系列データにはそれぞれ固有な傾向が現れる。

図 2 は実際の通信をネットワークシミュレータ Qualnet でシミュレーションした際の隣接した通信端末のデータ送信量時系列データをグラフにしたものであり、横軸は時刻、縦軸は各時刻におけるデータ送信量である。

通信順に左から右に並んでおり、端末 A は他端末から受け取った通信を端末 B に転送し、端末 B は端末 C に転送、端末 C はさらに他端末に転送している状態である。これらのグラフを比較するとグラフの概形が継承されていることが分かる。このような時系列データの傾向類似性から通信経路の推定を行う。

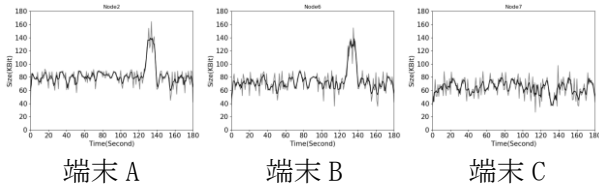


図 2: 隣接通信端末への傾向の継承

端末 B は端末 A 同様 130 秒付近の山の部分を転送できているが, 端末 C は山の部分が転送できていない. これは端末 B から端末 C に転送する際にパケットドロップが発生し, 端末 C がパケットを受け取ることができなかったからである. このようにパケットドロップや遅延, バーストなどの現象で大きく傾向が変わってしまう場合, 時系列データの類似性が下がるため推定が困難になってしまう.

このようなケースに対して, 一般的な時系列データの比較手法である相関係数の利用や, ユークリッド距離, DTW などを使用すると, ごく一部の区間のバーストやドロップでも値が著しく左右されてしまう.

これらの影響を排除するために, 関連研究[1]では平滑化を行った上で動作推定を行っていたが, このような平滑化は特徴を排除してしまうため, 複数の通信が混在する状況下では, 同通信を扱う端末を抽出するのが困難になる.

5. 提案手法

そこで図 4 のように観測時間のうちデータ送信量の傾向が類似している時間の割合 (傾向類似区間割合) を算出し, 最も割合が高い端末上位 2 つを隣接通信端末の候補とする. これにより, パケットドロップやバーストなどが発生して一部の類似性が下がってしまう場合でも, 他の区間の類似性から隣接端末を推定可能であることが可能となる.

これにより以下の 3 点において精度向上が期待できる.

- ・ 傾向の変化がある場合でも隣接通信端末が推定できること
- ・ 隣接通信端末を経路上の他の端末と明確に区別できること
- ・ 他の通信を転送する端末と明確に区別できること

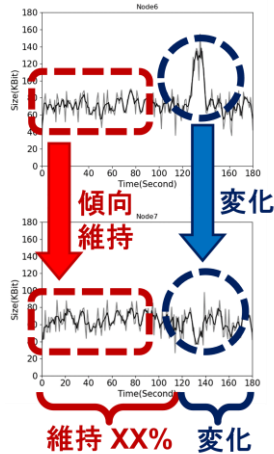


図 4: 類似区間割合

6. 実験

類似性指標として類似区間割合を用いた際の精度向上に関して確かめるために図 5 に示す環境を想定したシミュレーションを行い, 出力されたデータ送信量時系列データを入力として隣接通信端末の推定を行った際の精度を検証する.

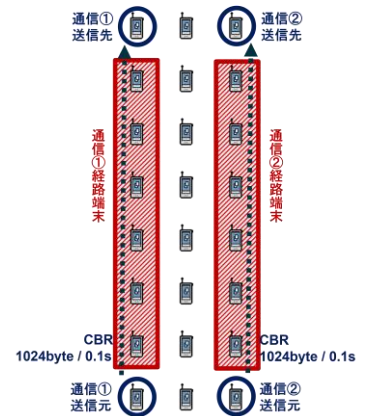


図 5: 実験環境

各端末の時系列データと比較して最も類似性が高い端末を隣接通信端末とした際, 相関係数では 72%であった精度が, 類似区間割合の利用で 78%に向上した. しかし類似区間を判定するための閾値によって精度に差が生れるため, 定量的な閾値の設定が課題である.

7. おわりに

本稿では, アドホックネットワークの監視技術における, データ送信量時系列データのみを利用したブラックボックス解析を行う際の, 通信量の類似性を測る指標として, 通信傾向類似区間割合の利用を提案した.

通信傾向が類似している区間の割合に注目するため, 無線通信の際にバーストやパケットドロップなどにより送信量傾向の変化が発生する場合でも, 相関係数などの利用に比べて, 平滑化が不要になることで細かい通信量傾向の特徴を利用できるため, 複数の通信が混在する環境下での動作推定の精度向上が達成された.

実験では隣接通信端末の推定を行い, 相関係数の利用と比べて 6%の精度向上が達成できた.

今後は本アルゴリズムを活用した通信経路推定の実装について検討を進め, 実用性を評価していく必要がある.

参考文献

[1] 福岡宏一, “データ送信量解析を用いたアドホックネットワークの動作推定手法の提案”, 情報処理学会, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2019 論文集. (p. 1610 – p. 1615)

A Study of Accuracy Improvement of Wireless Network Monitoring System using Similarity Index of Data Traffic Amount Time-series Data

† Kobayashi Yui · Soka University

‡ Kiyohara Ryozo · Kanagawa Institute of Technology

† Terashima Yoshiaki · Soka University