

論文内容の要旨

博士論文題目

Massively Parallel Empirical Dynamic Modelling for Network Traffic Analysis

(ネットワーク解析のための超並列 Empirical Dynamic Modelling に関する研究)

氏 名 Wassapon Watanakesuntorn

(論文内容の要旨)

本論文では、Empirical Dynamic Modeling (EDM) を適用することで、ネットワーク上のトラフィックを高速に予測し、異常なトラフィックをリアルタイムに分類するシステムを提案した。

そのために、(1) ネットワークトラフィックのリアルタイム分析を可能にする EDM 計算の高速化、(2) SDN におけるネットワークトラフィックのリアルタイムかつ低オーバーヘッドな監視、(3) ネットワークトラフィック予測への EDM 適用、の3つの課題に取り組んだ。

EDM 計算の高速化に関しては、近年の分散並列計算環境に最適化したアルゴリズムを実装することで、既存の実装と比較して最大 1,530 倍の高速化を実現した。また、SDN ネットワークの監視に関しては、プロキシ型の監視システムを構築し、ネットワークレイテンシにおけるオーバーヘッドを最大でも $0.5\mu\text{s}$ 未満に抑えた。

最後に、ネットワークトラフィック予測へ EDM 適用し、DDoS 攻撃の検出に用いた結果、深層学習技術を用いる LSTM よりも高速に時系列データを予測することができる一方で、単純な統計的な手法である自己回帰 (AR) よりも高い分類精度を達成することができた。

以上

(論文審査結果の要旨)

非線形力学系のモデリングは挑戦的な研究テーマの一つであり、データ駆動型のモデリングフレームワークである Empirical Dynamic Modeling (EDM) などの開発が進められている。EDM は現在までに、生物学、神経学、海洋学などの分野でモデリングに用いられてきたが、コンピュータ科学領域において適用された例はあまり見られない。しかしながら、コンピュータ科学領域においても、時系列予測は注目されており、現在までに数多くの機械学習技術が提案されている。本論文では、EDM を適用することで、ネットワーク上のトラフィックを高速に予測し、異常なトラフィックをリアルタイムに分類するシステムを提案した。そのために、(1) ネットワークトラフィックのリアルタイム分析を可能にする EDM 計算の高速化、(2) SDN におけるネットワークトラフィックのリアルタイムかつ低オーバーヘッドな監視、(3) ネットワークトラフィック予測への EDM 適用、の3つの課題に取り組んだ。EDM 計算の高速化に関しては、近年の分散並列計算環境に最適化したアルゴリズムを実装することで、既存の実装と比較して最大 1,530 倍の高速化を実現した。また、SDN ネットワークの監視に関しては、プロキシ型の監視システムを構築し、ネットワークレイテンシにおけるオーバーヘッドを最大でも $0.5\mu s$ 未満に抑えた。最後に、ネットワークトラフィック予測へ EDM 適用し、DDoS 攻撃の検出に用いた結果、深層学習技術を用いる LSTM よりも高速に時系列データを予測することができる一方で、単純な統計的な手法である自己回帰 (AR) よりも高い分類精度を達成することができた。

このように、本論文では、非線形力学モデリング技術である EDM のコンピュータ科学領域への適用という新しい視点から、適用するに当たって実装の高速化や、実際のネットワークセキュリティ問題への応用などを通じて定量的に有効性を示している。従って、本論文は博士 (工学) の学位論文として認めるに値すると判断する。

以上