

審査の結果の要旨

氏 名 浅井 大史

本論文は「Analysis and Management of the Internet based on Data Flow Profiling (データフロープロファイリングに基づいたインターネットの解析と制御)」と題し、英文で記されており、5章から成る。分散システムの構成するオーバーレイネットワークをIPネットワーク運用者の視点から効率的に運用・制御することを目的として、インターネット上で流通するデータフローに注目し複雑化するインターネットの構造およびトラフィックを解析する技術を提案したものである。分散システムはIPネットワーク上に独自のネットワークを構成するため、IPネットワークと分散システムの構成するオーバーレイネットワークとの間で経路・トラフィック制御ポリシーの不整合が発生している。また、分散システムは複雑なトラフィックを生成するためネットワーク運用を困難にしている。IPレイヤーと分散システムの異なるレイヤー間の協調経路制御を実現するためのメトリックが不足している問題および既存のネットワーク運用技術が複雑な分散システムに対応していない問題に対し、インターネット上でのデータフローに注目し実インターネットの構造およびトラフィックを解析する技術を提案し、その解析結果を用いて効率的なネットワーク運用および制御を実現するという方針を取っている。

第1章「The Internet and Internet-wide Distributed Systems」では、インターネット上に展開された分散システムの構成するオーバーレイネットワークの経路制御ポリシーがIPネットワークとは異なるために引き起こされる問題点を提起し、その問題に対する方針を概説している。本論文では、解決すべき課題として次の二つを挙げている。一つ目は、オーバーレイネットワークを構成する分散システムにIPレイヤーにおける単位ドメインである自律システム (AS: Autonomous System) 間の経済関係の情報を提供することである。二つ目は、分散システムの複雑なトラフィックに対応したアプリケーショントラフィックの分類を実現することである。

第2章「AS Relationships Estimation based on Traffic Exchange Model」では、第1章で挙げた一つ目の課題について、実ネットワークへ展開可能なAS間の経済関係の推定手法を提案している。AS間の経済関係はトラフィックエンジニアリングなどに応用可能であり有用な情報であるが、契約情報であるため非公開でありその応用が困難であった。本論文では、従来には無かったトラフィック流量モデルに基づく手法を提案しており、提案手法により従来手法よりも高精度な推定を実現でき、また従来手法では不可能であった不可視なリンクに対する推定も実現可能と評価している。

第3章「Internet Application Traffic Profiling」では、第1章で挙げた二つ目の課題について、

複雑な通信パターンのアプリケーションの挙動を把握することを実現するアプリケーショントラフィック分類手法を提案し、その性能を評価している。分散システムでは複数のノードが通信するため、その通信パターンはネットワーク運用者にとって、把握することが困難であるため不正検知やトラフィック制御が困難であるという問題があったが、提案手法により複雑な通信パターンを有効グラフとして抽象化することができ、また、グラフマイニング手法を応用することにより特徴的な通信パターンを自動的に発見することを可能としている。本論文では、実ネットワークにおいて採集したトラフィックに対する分類事例を挙げることでネットワーク運用に非常に有用であることを評価している。また、従来技術では困難であったアプリケーションの同定においても90%と非常に高い精度を実現しており、提案手法の優位性を定量的に示している。

第2章および第3章では、分散システムと協調動作可能な新しいネットワークアーキテクチャを提案するのではなく、既存のアーキテクチャ上に展開可能な運用・制御技術を提案する方針を取った。第4章では、この方針の根拠を示すために、既存のシステムを維持したまま新しいアーキテクチャを展開することが困難であることを明らかにしている。具体的には、新しいインターネットプロトコルであるIPv6の展開において、インターネット上での基盤システムの一つであるDNSの委譲構造を分析し、IPv6のDNSへの展開がレイヤー間で依存している点で進行していないと評価している。すなわち、多種多様なアプリケーションが存在するインターネットでは、レイヤー間で協調動作可能な新しいアーキテクチャを考案するよりも、現状のアーキテクチャを発展させていく本論文の方針が有効であることを示している。

第5章「Conclusion」では、本論文全体の果たす貢献についてまとめるとともに、第2章および第3章で提案したインターネットの構造解析およびトラフィック制御技術の結論および第4章で評価した本論文の方針の根拠を総括している。また、提案した解析手法を応用することで、新しいアーキテクチャの設計にも応用可能であることをまとめている。

以上を要するに、本論文は、複雑化するインターネットを効率的に運用・制御するために必要不可欠な技術を考察し、従来技術では実現不可能であった課題に対して新しいアプローチにより、IPネットワークの運用者にとって有用な技術を提案し、全ての提案について実ネットワーク上で計測したデータを用いた評価を行うことで、実ネットワークへの展開が実現可能であることを示している。これは実データに基づいたモデル化とその実践適用の可能性をしめしており、インターネットにおけるトラフィックの解析をその応用に関して先駆的な貢献と認められ、情報理工学における創造的実践の観点で価値が認められる。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。