

論文審査の結果の要旨

氏名 レーン ジョン ラッセル John Russel Lane

本論文は「Design and Implementation of the SORA Multipath Virtual Network Layer (SORA マルチパス仮想ネットワーク層の設計と実装)」と題し、マルチパスルーティングを実証するための仮想ネットワーク層ツールキットの設計と実装を行うとともに、TCP と互換性のあるマルチパスルーティングプロトコルの提案を行っている。

第 1 章では、アナログネットワークとデジタルネットワーク、コネクションオリエンテッドとコネクションレスなどを説明することで、通信ネットワークの歴史的な流れを概観している。また、現在のインターネットドメイン間でのパケットルーティング技術の問題点を示し、複数経路を同時に利用するマルチパスルーティングが一つの解となることを示す。その上で、マルチパスルーティングの研究開発を推進するにあたっては、マルチパスルーティング対応トランスポートプロトコルやアプリケーションプロトコルを実装するための仮想ネットワーク層ツールキットが必要となることについて論じている。

第 2 章では、SORA と呼ぶ仮想ネットワーク層ツールキットの設計と実装に関して論じており、SORA を構成する Data Plane, Control Plane, Application Interface の 3 構成要素について説明し、SORA の評価を行っている。

Data Plane は、現存ネットワーク上で、アプリケーション要求に基づき効率的にマルチパスパケット転送を行う。具体的には、現存ネットワーク上にトンネルを構築し、トンネルの組み合わせでパスを構成することでマルチパスパケット転送を行う。多様なリンク種別に対応できるように、C/C++共有ライブラリを構築するとともに、ソフトウェアルータを実装している。

Control Plane は、Data Plane の制御管理を行うもので、リンク、リンクメトリック、パス発見、リンク確立のための RPC ベースのサービスを提供する。リンクデータベース蓄積と検索、リンクメトリック処理、パスクエリ処理、リンク確立のためのオブジェクト指向ライブラリとシステムコマンドセットを実装している。

Application Interface は、アプリケーションがマルチパスルーティングを効率的に利用するためのインタフェースであり、Conduit Endpoint と呼ぶモジュール構成のソフトウェアを開発している。Conduit Endpoint は、ソケットに類するインタフェースであり、パススケジューリング、パケット I/O、パケット処理タスクをパケットごとに自動的に実行する入出力パケット処理モジュールチェーンとから構成される。

また、実装した Data Plane, Control Plane, Application Interface の性能評価を行い、PlanetLab や Emulab などの大規模テストベッド上で利用可能であることを明らかにしている。

第 3 章では、TCP と互換性のあるマルチパスルーティングプロトコル BENLR (Best-Effort Network Layer Packet Reordering)について論じるとともに、仮想ネットワーク層ツールキット SORA 上で実装評価を行っている。BENLR の目的は、マルチパスネットワークで生じるパケットの到着順番が逆になる現象 (Out-of-Order Delivery : OOD) に起因して、TCP のスループットが減少してしまうことを避けることにある。BENLR は、TCP との互換性を確保するために TCP を変更せず、マルチパスルーティングにおいてパケットの到着順番を整え OOD を避ける手法である。SORA 上に BENLR を実装し、BENLR の性能評価を行っている。

第 4 章は論文全体を総括し、成果をまとめるとともに、マルチパスルーティングの実現に向けて残された課題、および今後の研究方向性について述べている。

以上、これを要するに、本論文はマルチパスルーティングの実験環境の構築に向けて必要となる仮想ネットワーク層ツールキットを設計するとともに、TCP と互換性のあるマルチパスルーティングプロトコルを仮想ネットワーク層ツールキット上で実装評価したものであり、情報学の基盤に貢献するところが少なくない。

したがって、博士 (科学) の学位を授与できると認める。