

## 論文要旨

### 論文題目

地域ネットワークインフラストラクチャ構築及び運用技術に関する研究

近年、インターネットの普及やネットワークの高速化が急速に進んでいる。最近では、ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) をはじめとするブロードバンド通信サービスがエンドユーザに普及し、主に首都圏に設置されているインターネットエクスチェンジ (IX:Internet eXchange) では負荷の急増によってパケット破棄や通信遅延が引き起こされている。このため、今後さらに増加が予想される通信トラフィックを効率的に処理し、首都圏 IX の負荷を軽減するだけでなく、地域における快適な通信環境を提供するためのネットワーク運用および構築技術が求められている。

本論文では、まず、地域 IX による首都圏 IX への通信負荷およびコスト軽減効果について述べ、新たな地域 IX 実装手法について述べる。次に、インターネットトラフィックの大部分を占める WWW (World Wide Web) トラフィックの削減とエンドユーザへの WWW サービス応答時間を改善する新たなキャッシュ置き換えアルゴリズムについて述べ、それを実装した WWW キャッシュサーバについて述べる。さらに、現在多くのインターネットアプリケーションでトランスポートプロトコルとして用いられている TCP (Transmission Control Protocol) を改良し、ルータの高負荷時におけるパケット破棄を軽減する新たな TCP 輻輳制御手法について述べる。

本論文は、6 章より構成されており、以下に各章の概略を述べる。

第 1 章では、本研究の序論として研究の背景 (地域ネットワークの現状と問題) および目的を述べ、研究分野における本研究の位置づけを行う。

第 2 章では、本論文を理解する上で必要なことがらを基礎概念としてまとめる。まず、インターネットにおける IX 機能の役割および構築例などを示し、IX を構築するための基本技術について述べる。次に、WWW キャッシュシステムの概要と基本技術について述べ、既存手法とその実装例を示す。さらに、TCP の概要と基本技術について述べ、既存手法とその実装例を示す。

第 3 章では、地域内の通信環境改善を目的として構築した地域 IX である沖縄インターネットエクスチェンジ (OIX:Okinawa Internet eXchange) について述べる。具体的には、まず、現行の OIX について実運用データから性能評価を行う。次に、新たに考案したブロードバンド通信に対応の次世代地域 IX 構築手法について述べる。さらに、実運用データとシミュレーションデータから提案手法の性能評価を行う。

第 4 章では、サービス応答時間を改善するキャッシュ置き換えアルゴリズムを実装した WWW キャッシュシステムについて述べる。具体的には、アクセス頻度やデータサイズからヒット率やバイトヒット率の改善を目的とした既存手法に対して、スループットをキャッシュ優先度を決定する評価指標を導入することによってサービス応答時間を改善する提案手法 (GTSFD:Greedy-Triple, Size Frequency Distance) について述べる。さらに、提案手法を実装した WWW キャッシュサーバの運用データから性能評価を行う。

第 5 章では、ネットワークの輻輳状態および輻輳通知の時間遅れを考慮した TCP 輻輳制御手法について述べる。具体的には、現在 TCP は多くのインターネットアプリケーションで用いられるトランスポートプロトコルであるが、既存手法である TCP バージョン "Reno" や "Vegas" では、通信遅延が比較的大きな遠隔通信環境下ではルータの高負荷時に発生する輻輳状態に対して、最適な輻輳制御を行うことが困難である。そこで、既存手法の問題点が経路途中にあるルータの輻輳状態を考慮していない点、さらに、受信側から送信側への輻輳通知の時間遅れが生じる点に着目し、経路途中のルータの輻輳状態および TCP の輻輳通知の時間遅れを考慮した輻輳制御手法を提案し、シミュレーションによってその効果を検証する。

第 6 章では、本論文の総括を行い、今後の研究の方向性を述べる。

氏名 長田智和



2003 年 2 月 12 日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 玉城 史朗  
副査 氏名 宮城 隼夫  
副査 氏名 高良 富夫  
副査 氏名 山口 英



学位(博士)論文審査及び最終試験の終了報告書

学位(博士)の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 申請者   | 専攻名 総合知能工学専攻  | 氏名 長田 智和  | 学籍番号 <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> |
| 指導教官名   | 玉城 史朗   |   |   |
| 成績評価  | 学位論文 <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">合格</span> 不合格 | 最終試験 <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">合格</span> 不合格 |   |
| 論文題目  | 地域ネットワークインフラストラクチャ構築および運用技術に関する研究   |   |   |
| <p>審査要旨 (2000 字以内)</p> <p>本論文は、地域ネットワークインフラストラクチャの構築および運用技術に関する研究成果をネットワーク解析や構築・実装を通してまとめたものである。</p> <p>近年、インターネットの普及や高速化・広帯域が進み、特にブロードバンド通信サービスがエンドユーザに普及している中で、首都圏に集中しているインターネットエクスチェンジ (IX: Internet eXchange) の負荷増大に伴うさまざまな問題が指摘されている。特に、首都圏 IX では、負荷の急増によってパケット破棄や通信遅延が引き起こされる。また、地域においては、同一地域内に閉じた通信トラフィックであっても首都圏 IX を経由して交換されるため、首都圏 IX の負荷増大を助長している。このことは、首都圏 IX だけでなく、地域ネットワークにおいても通信性能の悪化を招いている。従って、首都圏 IX の負荷増大とそれに伴う問題は、地域内通信の安定性・効率性の観点からもさまざまな影響を及ぼすものである。</p> |   |   |   |

このような状況において、今後さらに増加が予想される通信トラフィックを効率的に処理し、首都圏 IX の負荷を軽減するとともに、地域における快適な通信環境を提供するためのネットワーク運用・構築技術が求められている。本論文では、以上のような要求に応えるため、以下の3つのアプローチによる問題解決が提案されている。

まず、地域 IX による首都圏 IX への通信負荷およびコスト削減効果について述べ、ブロードバンド通信に対応した地域 IX 構築・実装手法を提案している。特に、地域内の通信環境改善を目的として構築した地域 IX である“沖縄インターネットエクスチェンジ(OIX: Okinawa Internet eXchange)”の有効性および必要性を指摘し、それを構築・運用した実績・経験から、地域ネットワークおよび地域 IX の問題点を洗い出し、研究の視点を見出すとともに、本論文の研究基盤としてそれらの問題点の解決法を提案し、実装および実データによる評価によって有効性を実証している。ここで、OIX 設計・構築・改良は本論文の根本であり、“地域(沖縄)発”の IX 技術として公表されたことは実証研究として高く評価できる。具体的には、現在運用している OIX の稼働結果を述べ、現状分析と次世代 IX に求められるポリシーや、広帯域アプリケーションに対応するブロードバンド通信対応の地域 IX 構築手法を提案し、実運用データとシミュレーションデータから提案手法の性能評価を定量的に行っている。さらに、提案手法を実装し稼働データによってその有効性を具体的に示している。

次に、インターネットトラフィックの大部分を占める WWW(World Wide Web) トラフィックの削減と、エンドユーザーへの WWW サービス応答時間を改善する、新たなキャッシュ置き換えアルゴリズムについて述べている。これは、WWW トラフィックの効率処理によって、インターネット全体の負荷軽減に繋がるというアプローチから行ったものである。本論文において提案されている手法(GTSFD/GTSFD+)を実装したキャッシュシステムの実運用データにより、キャッシュヒットによる WWW 通信トラフィックの削減効果だけでなく、エンドユーザーへの WWW サービス応答時間の改善も示されている。

さらに、現在多くのインターネットアプリケーションでトランスポートプロトコルとして用いられている TCP(Transmission Control Protocol)を改良し、ルーターの高負荷時におけるパケット破棄を低減する TCP 制御手法について述べている。具体的には、TCP パケットの Ack(確認応答メッセージ)によってルーターの輻輳状態をパケット送信側に通知することによって輻輳制御性能を改善する手法(提案手法 A)、および、輻輳通知の時間遅れを短縮することによって輻輳制御性能を改善する手法(提案手法 B)について述べられており、それぞれシミュレーションによって有効性が示されている。

以上のように、本論文は、地域 IX 独自の問題点や必要性を明らかにした上で、実際に地域 IX を構築・運用し、それを踏まえて3つの新たなネットワーク運用・構築技術の提案を行い、実験およびシミュレーションにより有効性を検証しており、今後重要性が増してくる地域ネットワークインフラストラクチャである地域 IX 構築運用のための基盤となる技術論文として、非常に価値が高いと判断できるため、博士論文として合格とする。また、上記の者は専門分野及び関連分野の十分な知識を有することが判明したので、最終試験も合格とする。