

氏名	いし かわ のり ひろ 石 川 憲 洋
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学位記番号	論 情 博 第 43 号
学位授与の日付	平 成 15 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	マ ル チ キ ャ ス ト 通 信 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主査) 教授 中村行宏 教授 吉田 進 教授 美濃導彦

### 論 文 内 容 の 要 旨

IP マルチキャストは、約10年間にわたり、非常に活発に研究開発及び標準化が進められた。IP マルチキャストの実用性を検証するために、MBone と呼ばれるインターネット上の仮想的な IP マルチキャスト実験網が構築された。MBone 上では様々なマルチキャスト通信実験が行われ、IP マルチキャストを利用したインターネット上のマルチメディア通信に関する研究開発に非常に大きな影響を及ぼした。

しかしながら、MBone の成功は実験網としての成功に留まっており、商用インターネットサービスプロバイダ (ISP) での IP マルチキャストのサポートは全く進展していない。IP マルチキャストを実用レベルの技術とするためには、未だに解決すべき数多くの課題が存在する。本論文は、これらの状況を鑑み、IP マルチキャストの技術課題を解決し、IP マルチキャストの実用化への道を拓くことを目的として、IP マルチキャスト技術全般にわたる研究成果をとりまとめたものであり、以下に述べる8章から構成されている。

第1章は序論である。研究の背景として、IP マルチキャストの基本技術を解説した後、IP マルチキャストの現状と課題を整理している。IP マルチキャストに関する技術分野を、(1)受信ホストのグループ管理、(2)IP マルチキャストのセキュリティ機能、(3)IP マルチキャストの経路制御、(4)IP マルチキャストのアプリケーションプロトコルに大きく分類し、各技術分野毎に技術課題を整理し、これらの技術課題を解決して、IP マルチキャストの実用化への道を拓くことを本論文の研究の目的と位置付けている。

第2章では、マルチメディア通信に適した高速ネットワークである ATM 上で IP マルチキャスト通信を効率的に実現する方式を提案している。IGMP はイーサネットなどの媒体共用型ネットワーク上で使用することを想定して設計されているため、コネクション型ネットワークである ATM 上で IP マルチキャストを実現するためには、新しいアーキテクチャが必要である。特に、効率的に ATM 上で IP マルチキャストを実現するためには、ATM のマルチキャスト通信に適した機能であるポイント・ツー・マルチポイントコネクションを有効利用する必要がある。上記を踏まえて、ATM 上の IP マルチキャスト通信のために、新しい共有ツリー型のスケーラブルなアーキテクチャを提案している。

第3章では、IP マルチキャストの実用化に向けて、解決すべき最も重要な技術課題である IP マルチキャストのセキュリティ機能を論じている。IP マルチキャストのセキュリティ機能の中で最も基本となる、不正なユーザが IP マルチキャスト通信ネットワークに侵入することを防ぐためのアクセス制御に適用することを主な狙いとしたユーザ認証機能のためのアーキテクチャとプロトコルについて提案している。

第4章では、IP マルチキャストの経路制御に関する研究として、IP ユニキャストと IP マルチキャストの経路制御を統合した、ドメイン限定マルチキャストと呼ぶ IP マルチキャスト経路制御の新しいアーキテクチャを提案している。更に、ドメイン限定マルチキャストの IPv6 上での実現と、ドメイン限定マルチキャストのドメイン間経路制御への適用についても提案している。

第5章では、アプリケーション層マルチキャストについて論じている。ルータ等の既存のインターネットのインフラに変

更を加えることなく、短期間でインターネット全域にマルチキャスト通信を導入する方式として、アプリケーション層マルチキャストがある。共有ツリー型のアプリケーション層マルチキャストのアーキテクチャと、本アーキテクチャを実現するために新たに設計した DCMP と呼ぶプロトコルを提案している。DCMP では、高信頼チャンネル及びリアルタイムチャンネルの2種類の配信チャンネルを定義することにより、ニュース情報などを誤りなく配信する高信頼配信とビデオ／オーディオのストリーム型配信を可能としている。

第6章では、IP マルチキャストアプリケーションの事例として、プッシュ型情報配信アプリケーションとそのプロトコルについて論じている。第5章で提案した DCMP を適用して開発した、ユニキャストとマルチキャストの両方に対応した真のプッシュ型情報配信システムである RealPush Network について述べている。RealPush Network は、情報配信サーバとクライアントから構成され、DCMP の高信頼チャンネルを利用して、毎日新聞社など4社からのニュース情報などを同時に複数のクライアントに誤りなく配信する試行サービスを世界で初めて実施し、成功している。

第7章では、IP マルチキャストアプリケーションの事例として、多地点間マルチメディア会議アプリケーションとそのプロトコルについて論じている。インターネット上のマルチメディア会議を実現するためには、IP マルチキャストを利用した会議制御プロトコルが必要となるが、これまで研究段階に留まっていた。そこで本研究では、インターネット上のマルチメディア会議を実現するために、MSCP と呼ぶ新しい会議制御プロトコルを提案し、この MSCP を適用して MPEG1 ビデオ会議システムを研究開発した。本システムは、テレビに接続してリモコンで操作を行う STB 型のビデオ会議システムであり、VOD 用の既存の STB に MPEG1 エンコーダを組み込み、MSCP を実装することにより実現しており、横浜市の港北ニュータウンにおいて、CATV ネットワークを利用した試行サービスを実施し、その実用性を証明した。

第8章では、結論として、本論文の研究成果のまとめと、本論文の研究成果に関連する今後の研究課題について述べている。

#### 論文審査の結果の要旨

本論文は、インターネット上のマルチキャスト通信について研究を行い、主に、ATM 上の IP マルチキャスト通信方式、IP マルチキャスト通信のユーザ認証方式、ドメイン限定マルチキャストと呼ぶ IP マルチキャスト経路制御の新しいアーキテクチャ、アプリケーション層マルチキャストのアーキテクチャ、プッシュ型情報配信アプリケーションとそのプロトコル、マルチメディア会議アプリケーションとそのプロトコルに関する研究成果をとりまとめたものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

1. ATM 上のスケーラブルな IP マルチキャスト通信のための新しいアーキテクチャを提案し、プロトタイプを用いた実装実験によりその有効性を確認した。
2. IP マルチキャスト通信のセキュリティ機能の中で最も基本となるユーザ認証機能のためのアーキテクチャとプロトコルを提案し、プロトタイプを用いた実装実験によりその有効性を確認した。
3. IP ユニキャストと IP マルチキャストの経路制御を統合した、ドメイン限定マルチキャストと呼ぶ IP マルチキャスト経路制御の新しいアーキテクチャを提案した。
4. 共有ツリー型のアプリケーション層マルチキャストのアーキテクチャとプロトコルを提案した。本アーキテクチャとプロトコルを RealPush Network と呼ぶプッシュ型情報配信システムに適用して、その有効性を確認した。RealPush Network は、様々なマルチメディア通信実験、実用システムに適用され、優れた評価を得ている。
5. マルチメディア会議制御のための新しいプロトコルを提案し、本プロトコルを STB 型の MPEG1 ビデオ会議に適用して、その有効性を確認した。本システムは、CATV ネットワークを利用したマルチメディア通信実験に適用され優れた評価を得ている。

以上要するに本論文は、背景となるマルチキャスト通信に関する現状と課題を整理した上で、マルチキャスト通信のアーキテクチャ、プロトコル、アプリケーションに関する研究を行い、それらの有効性を明らかにしたものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成15年1月28日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。