

博士論文審査報告書

論 文 題 目

マルチホップワイヤレスネットワークにおける
アクセス方式に関する研究

Studies on Access Methods for Multi-hop Wireless
Networks

申 請 者

Yukiko	NASU
那須	有希子

国際情報通信学専攻
無線・衛星通信研究

2010年2月

無線通信システムは現在社会に欠かせない存在であり、今後も更なる発展が期待されている。一方で、有線を配さないため基地局からの電波の届かないエリアでは通信が行えないという課題が残されている。このような環境では、複数の無線通信を有機的に接続させることで基地局圏外地域へのサービスを可能とさせるマルチホップワイヤレスネットワークが注目されている。本論文ではこのマルチホップワイヤレスネットワークに着目し、電波の届かないエリアへの通信を確保させることや、これまでに無線通信の適用が行われていなかった分野への無線通信の適用を目的として様々な方式を提案し、評価した結果をまとめたものである。具体的には既存のインフラに依存した各種無線通信システムへマルチホップ方式を適宜応用し、様々な通信環境に配慮したネットワークモデルの提案を行っている。本論文で着目した具体的な通信環境は、近距離モバイル通信エリア、都市部固定通信エリア、広域通信エリアである。マルチホップ方式を導入した場合の問題点として、各端末が自律分散的にルーチングを行うため制御パケットの増加、パケット衝突、中継端末の負荷増などといったマルチホップ特有の課題が存在する。このため本論文では各エリアにマルチホップを適用した効果や問題点を計算機シミュレーションや理論解析、更には実験によって比較検討することで、より有効で実用的な方式の提案を行った。

以下、各章の概要とその評価を示す。

第1章「序論」では、研究背景と目的、マルチホップネットワークの特徴やその課題について述べられており、本論文の位置づけと構成を示している。

本章は、後の各章における検討課題とその解決手法を補足する内容であり、本論文の理解に貢献しているものと評価できる。

第2章「マルチホップワイヤレスネットワークの概要と課題」では、MANET(Mobile Ad-hoc Network)で提案されたマルチホップワイヤレスネットワークの概要が述べられその問題点、課題を明らかにしている。本論文では移動性と即時性を配慮したシステムを想定しているため、ルーチングには送信要求時に経路を確立するAODV(Ad-Hoc On-Demand Distance Vector)方式を想定しており、AODV使用時のフラッディングによる制御パケットの衝突、中継端末の負担増といった問題点が具体的に示されている。また、中継端末選択の最適化の追及と、トポロジー変化に対応するフレキシブルなネットワーク構築のためには、適宜アクセス方式を改善する必要性があることを示している。

本章では、アクセス方式の検討課題とその解決プロセスを明確に示しており、更に既存研究と比較することで本論文での提案方式の位置づけを与えるものと評価できる。

第3章「ブロードキャストを用いたマルチホップモバイル通信方式」では、モバイル通信システムへマルチホップワイヤレスネットワークを導入するマルチホップモバイル通信モデルが提案されている。これは、モバイル環境としてセルラ方式を利用する前提のもとでデッドスポットエリアの端末は近くの基地局圏内端末を中継端末として利用し、圏内-圏外端末間でマルチホップを利用して通信を行うモデルである。計算機シミュレーション評価の結果、基地局の通信可能エリアの拡大化が可能で有効性が高いことが示されている。

次に AODV 適用型モデルを基本とし，中継端末に圏内端末が複数端末存在する場合の中継端末決定方法として基地局下り受信電力を考慮した圏内端末決定モデルを提案している．シミュレーション評価により，基地局の下り受信電力の大きい端末を中継端末として選択することで，リンク確立が向上する効果があることを明らかにしている．

本章は，モバイル通信へ AODV 方式を適用した際の評価と考察が行われており，ユニキャスト方式の有効性を具体的に示している．また，マルチホップモバイル通信モデル構築のための基準モデルの構築に成功しており，次章以降のモデルの位置づけと課題を示す上でも有効と考えられる．

第 4 章「バーチャルマップを用いたユニキャストマルチホップモバイル通信方式」では，マルチホップモバイル通信でユニキャスト方式を採用する新たなモデルとしてバーチャルマップモデルを提案している．提案方式ではまずパケット送受信時の受信電力レベルから近隣端末間との距離を推測し，バーチャルマップを作成することで近隣端末との位置関係を把握する．次に，マップから，近くに存在すると思われる近隣端末同士をグルーピングし，グループの中から転送依頼端末を選択する．グループの中から転送依頼端末を決定する方法として，呼発生端末あるいは転送依頼端末の信号を受けた際の受信電力が本論文で規定する推奨受信電力値に近い端末を，優先的に選択することでより効率良く中継が行われる方法を提案している．

本章では，バーチャルマップモデルと AODV 適用型モデルとを比較するため計算機シミュレーションにより性能評価を行い，同時にバーチャルマップモデルが効果的に適用されるよう受信電力の推奨値の算出を行っている．結果として，想定モデルでは推奨受信電力対雑音比が約 15dB から 19dB となる端末を選択することで接続性が向上することを証明しており，今後のシステム構築に有効で実用的な貴重なパラメータが得られていると評価できる．

第 5 章「圏外経過時間を考慮したユニキャストマルチホップモバイル通信方式モデル」では，圏外にいる時間が短い端末が基地局のカバーエリアに近い端末であると判断し，圏外経過時間が短い端末に優先的に制御パケットをユニキャストするという方法を提案している．

本章では圏外経過時間考慮モデルと AODV 適用型モデルとを比較するために計算機シミュレーションにより性能評価を行っている．その結果，圏外経過時間考慮モデルを用いることでルート構築率が改善し他端末の負荷も軽減され早期にルートを発見できることが示されており，優れた方式であると高く評価できる．

第 6 章「メトロポリタンエリアでのマルチホップネットワークの適用」では，家庭用のコードレス電話にマルチホップ通信の概念を導入した家庭用固定無線端末を用いたマルチホップ通信モデルを提案している．提案モデルの呼損率について理論式を導き，計算機シミュレーションと併せた評価を行うことで，双方の正当性を示している．また，強制切断率についてシミュレーションを行った結果，ノードの通信可能最大距離が伸びれば呼損率は減少するが，強制切断率が増加してしまうこと等も明らかとなった．

本章で提案するモデルにより新たな通信サービス提供が実現でき，非常用通信や簡易型通信など様々な応用を包含している優れた研究と認められる．

第7章「広域エリアでのマルチホップネットワークの適用」では、地震、津波等の広域災害時での大きな問題点である通信路確保を目的としたマルチホップシステムを提案している。提案方式は HF(High Frequency)帯を使用し電離層反射波を用いることで無中継での広域通信を可能としているが、電離層反射波の問題点としてスキップゾーンが生じるという課題がある。そのスキップゾーン問題を解決するため、まず電波の仰角を制御することのできるフェーズドアレーアンテナを適用する改善モデルやマルチホップを導入することでスキップゾーンの補完する方式を提案し改善を図っている。

本章では、まずフェーズドアレーアンテナの仰角変化に伴う電波伝搬特性を検証するため、実際の HF 帯信号の測定実験を行っており、仰角別の伝搬特性が取得できた意義は大きい。また、マルチホップ方式との併用によりスキップゾーンへの通信確保への道が開けたことから、今後は非常時の広域通信として HF 帯を用いたシステムが実現可能となり、貴重な研究成果と言える。

第8章では、本研究で得られた成果と今後の課題が示されている。

以上を要するに、本論文は無線通信技術へのマルチホップ適用について、多角的に検討し、様々な用途に応じた方式提案が行われ、その成果は従来方式では得られなかったものであり、高く評価できる。またモバイル通信エリア、都市部固定通信エリア、広域通信エリアそれぞれにおいて具体的で実用的な方式提案がなされており、提案方式により各システムの適用範囲が拡大化され、従来には無い新しい通信サービスが可能となった意義は大きい。特に災害時など基地局が機能しない場合では非常に有効な通信インフラを構築するための基礎を与えており、その成果は社会的にも価値が高いものと評価できる。更に、各種の異なるスケールのマルチホップネットワークを有機的に結合させることで、広域なグローバルネットワークも構築可能であり、将来的には基地局を必要としないグローバルアクセス環境をも構築するきっかけを与えた意義は大きく、高く評価できる。よって、本論文はマルチホップワイヤレスネットワーク技術の進展と、無線通信システムの新たなる可能性の開拓に貢献するものであり博士（国際情報通信学）の学位を授与するに値するものと認める。

2010年2月24日

審査員

(主査) 早稲田大学教授	工学博士(東北大学)	嶋本 薫
早稲田大学教授	工学博士(早稲田大学)	松本充司
早稲田大学教授	工学博士(東京大学)	田中良明
早稲田大学教授	工学博士(新潟大学)	佐藤拓朗