

博士論文審査報告書

論 文 題 目

Study on Wireless Ad-hoc Networks

Based on Geographical Information

地理的情報を用いた

無線アドホックネットワークに関する研究

申 請 者

氏 名

陳	国偉
Guowei	CHEN

専攻およびプロジェクト研究名
(課程内のみ)

国際情報通信学専攻
ワイヤレスシステム研究 II

2011 年 6 月

災害地域やセルラシステムの基地局設置がなされていない通信困難地域に、無線通信サービスを提供することは重要な課題である。通信困難地域に無線通信サービスを提供する方法として、無線アドホックネットワークがある。しかし、移動通信環境では、無線環境特有のマルチパスフェージングや干渉雑音などの影響により、高信頼性・高効率な無線アドホックネットワークを実現することは困難であった。本研究により、移動通信環境下でも高信頼性・高効率な無線アドホックネットワークが確立できることを明らかにした。

通信困難地域においては、高速に移動する移動通信端末同士が、それぞれを中継局とみなし、無線アドホックネットワークを構成することが求められる。しかし、時々刻々変化する移動通信環境下において、移動通信端末が高信頼性・高効率な無線アドホックネットワークを構成するために、移動通信環境の影響を受け易い受信電界強度（RSSI: Received Signal Strength Indication）から得られた相対的位置関係のみを利用して、移動通信端末同士の通信を確立することは困難であった。本研究では、新たに移動通信端末の地理的情報によりネットワークを構成し、高信頼性・高効率な無線アドホックネットワークが実現できることを明らかにした。最初に、セルラシステムに用いるリレーネットワークのハンドオフ制御方式の研究では、従来のRSSIによる移動通信端末の相対的位置関係による情報と、移動通信端末の地理的情報を組み合わせることで、高信頼性・高効率のハンドオフ制御が可能であることを示した。次に、移動通信環境下における無線アドホックネットワークのルーティング方式の研究では、地理的情報から得られた移動中継局の密度情報により、移動通信端末の最適なルーティング制御が可能であることを示した。また、本論文ではこれ等の研究成果を災害時における無線ネットワークへ適用し、地理的情報による無線アドホックネットワークの構成が通信困難地域の減少に有効であることを示した。

本論文はこのような観点から、通信困難地域へ無線通信サービスを提供する無線アドホックネットワーク方式において、地理的情報を用いることで、無線回線特有の伝送路においても、高信頼性・高効率なネットワークの構築ができることを明らかにしている。本研究においては、様々な無線環境において、理論解析のみならず、シミュレーションによって検証を行ない、無線ネットワークによる通信可能地域の拡大や通信回線の信頼性の向上に関して従来の方法と比較検討し、地理的情報を用いた無線アドホックネットワーク方式の有効性を明らかにしたものである。

なお、本論文は英語で執筆されている。以下、各章ごとに概要を述べ評価を加える。

第1章「Introduction」は、研究の背景、目的、並びに論文の概要について述べている。本章では、従来からの研究成果に基づいて、無線アドホックネットワークの通信端末間の情報伝送に関するルーティング方式について整理している。整理したルーティング方式の中で、本研究は地理的情報を用いたユニキャスト方式に関する研究であることを示している。また、本章では論文の構成を示し、各章毎の概要を述べている。

第2章「Overview to Routing in WMNs(Wireless Mesh Networks)」は、第1章で述

べた各無線アドホックネットワークのルーティング方式について、それぞれの特徴について述べている。中でも、本研究の端緒となった Greedy Forwarding Strategy について詳細に紹介し、本研究で明らかにした地理的情報を用いるルーティング方式の研究が優位性を有している理由を述べている。

第3章「Handoff with Assistance of Distance」は、セルラシステムのサービス圏外において、移動中継局を介して通信を可能とするリレーネットワークに用いるハンドオフ制御方式について述べている。リレーネットワークでのハンドオフ制御は、移動通信端末が移動中継局を経緯してハンドオフを行う上で、移動通信端末の位置情報による地理的情報と RSSI (Received Signal Strength Indication) の閾値を用いた移動通信端末の相対的位置情報を用いて制御する方式について明らかにしている。地理的情報によるハンドオフ制御により、セル境界におけるハンドオフ回数の低減化が可能だけでなく、ハンドオフ成功確率の向上において、従来の RSSI によって実現する方式と比較し信頼性のあるハンドオフ制御が可能であることを述べている。リレーネットワークのハンドオフ評価方法においては、新たに解析手法を示し、さらにシミュレーションによって解析方法の妥当性を述べている。

本章では、セルラシステムのリレーネットワークにおいて、移動中継局を介して高信頼性のハンドオフ制御ができることを明らかにしたことから、通信困難地域においても広域な通信が可能となり、貢献度として極めて高い研究成果が得られたものと認められる。

第4章「BLR Routing with RSSI」は、無線アドホックネットワークの BLR (Beaconless Location-Based Routing) 方式において、周囲の移動通信端末からの RSSI を監視し、中継局位置情報を得ることで、中継局の最適なルート探索をする方式について述べている。最適ルーティング探索方式として、過去のルーティング情報を保持する最適フィルタを導入し有効性を明らかにしている。また、探索方式には、途中の中継局の密度を推定しながら中継局の高密度領域を中継することで、移動通信環境下においても効率的なルーティングが可能であることを述べている。

本章では、無線アドホックネットワーク内の中継局を介して効率的に最適ルーティングを自動探索できることを明らかにしたことから、移動通信環境下においてもルーティングが可能となり、貢献度として極めて高い研究成果が得られたものと認められる。

第5章「Disaster Recovery with Ad-hoc Routing」は、地震や津波などの災害によりセルラ基地局が故障し通信困難地域が生じた場合の、非常災害通信ネットワークの構築方法について述べている。通信困難地域から通信可能地域の通信端末まで、移動通信端末を中継局としてルーティングすることにより通信困難地域を最小限にできることを明らかにしている。各移動通信端末の中継において地理的情報を有するルーティング方式は、RSSI のみによるルーティング方式と比較し、最適なルーティングを提供できることを示している。本章では、無線アドホックネットワークの評価を明らかにするために幾つかの評価パラメータを定義し、従来の RSSI のみによるルーティング方式と比較し、地理的情報を有す

るルーティング方式が優れていることを示している。

本章では、実際の災害による通信困難地域においても、無線アドホックネットワークを用いて通信ができることを明らかにしたことから、社会的意義が大きい研究成果と言える。

第 6 章「Conclusion and Future Work」では、本論文で得られた成果についてまとめて考察し、さらに今後の研究への取り組みについて述べている。

以上要するに、本論文は無線アドホックネットワークにおいて、移動通信端末の地理的情報と周囲の移動通信端末からの RSSI による相対的情報を同時に利用することにより、セルラシステムのリレーネットワークのハンドオフ制御方式の信頼性が向上することを示すとともに、無線アドホックネットワークの高効率なルーティング制御方式が実現できることを示している。さらに、非常時通信ネットワークへ地理的情報を用いた最適ルーティング方法を適用し、従来の RSSI のみによるルーティング方式と比較することにより優位性を明らかにしている。

このことは、移動通信端末の地理的情報を用いた無線アドホックネットワークのルーティング方式の基礎的な解析を明らかにしたばかりではなく、実際の災害時におけるシステムへ適用した場合についても評価し、実用面においてもその有効性を明らかにしたものであると評価できる。よって、国際情報通信学の発展に寄与するところ極めて大であり、本論文は博士（国際情報通信学）の学位論文として価値あるものと認める。

2011 年 6 月 15 日

審査員

主任	早稲田大学教授	工学博士（新潟大学）	佐藤 拓朗
	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	Ph. D.（イリノイ大学）	中里 秀則
	早稲田大学教授	博士（工学）（早稲田大学）	松本 充司