

氏名	植田哲郎
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第311号
学位授与の日付	平成20年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科通信情報システム専攻
学位論文題目	MAC and Routing Protocols for Wireless Ad Hoc Networks Using Directional Antenna (指向性アンテナを用いた無線アドホックネットワークにおけるMAC及びルーティングプロトコルに関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 吉田 進 教授 高橋達郎 教授 高橋 豊

論文内容の要旨

無線通信技術やLSI技術の急速な進展により、無線通信モジュールの小型低廉化が図られ、膨大な数の機器に容易に無線通信機能が搭載可能になってきた。その結果、従来の集中制御ネットワークとは異なり、無線端末どうしが自律分散的に情報交換を行い、臨機応変にネットワークを構築する、いわゆるアドホックネットワークが注目されるようになり、次世代無線通信システムにおいて重要な役割を担うことが期待されている。このような無線アドホックネットワーク実現上の課題の一つとして空間的な周波数資源利用効率の向上がある。本研究では、無線送受信機のアンテナとして、無指向性ではなくて指向性を持つアンテナが有する干渉低減機能に着目して研究を行い、指向性アンテナを仮定した無線アドホックネットワークに適したメディアアクセス制御及びルーティングプロトコルを提案しその周波数利用効率改善効果を明らかにするとともに、実際にテストベッドを構築して提案方式の評価を行っている。

本論文は全7章から構成されている。

第1章は序論であり、無線アドホックネットワークの特徴と主なアプリケーション、メディアアクセス制御プロトコルと特徴、ルーティングプロトコルと特徴、指向性アンテナの特徴について述べている。更に、第2章から第6章までの各研究項目について従来技術、提案技術、主要結果の概要について述べている。

第2章では、屋内外のアドホックネットワークで使用可能な指向性アンテナを仮定した通信のための隣接ノードの方向情報取得メカニズム、隠れ端末および晒され端末問題を同時に解決し無指向性アンテナ使用時と比較して通信効率が改善されるプロトコルなどを提案し、計算機シミュレーションにより改善効果の評価を行っている。特に、方向情報取得メカニズムは従来方式に比べオーバーヘッドを85%以上削減できることを示している。

第3章では、比較的容易に実装可能な小型指向性アンテナの具体例として ESPAR (Electronically Steerable Passive Array Radiator) アンテナを取り上げ、隠れ端末および晒され端末問題の解決が可能なDCA-MAC (Direction and Communication-Aware Media Access Control) プロトコルを提案するとともに、本DCA-MACが、特に指向性アンテナを仮定したMACプロトコルの欠点である端末直線状配置時の特性劣化を改善し、車々間通信などのシナリオで有効であることを示している。

第4章では、従来のホップ数・リンク状態に基づいたルート選択の場合、空間的なルート間干渉を考慮していないため空間分割をマルチホップ通信で実現することが困難である。一方、空間相関のみを考慮するとホップ数増大に伴い特性が劣化する傾向にある。そこで、空間相関とホップ数の双方を考慮した方式を提案し、計算機シミュレーションによりスループット改善効果が顕著であることを明らかにしている。

第5章では、上記の空間相関とホップ数の双方を考慮した提案方式をQoS (Quality of Service) ルーティング方式に適用した場合、低優先度フローのスループットを劣化させずに高優先度フローのスループットを改善可能であることを計算機シ

ミュレーションにより明らかにしている。

第6章では、ESPARアンテナ、無線モジュール、ノートパソコン等から構成されるテストベッドを構築し、ESPARアンテナのようなビーム幅が広い指向性アンテナを用いた場合でも干渉低減効果により2フローの同時通信が可能であること、無指向性アンテナ搭載時に比べスループット、遅延特性が向上すること等を明らかにしている。

第7章では、全体としての結論や今後の課題などについて述べている。

論文審査の結果の要旨

無線通信モジュールの小型低廉化とともに、膨大な数の機器に容易に無線通信機能が搭載可能になってきた。その結果、いわゆる無線アドホックネットワークが注目されるようになってきた。本論文では、空間的な周波数利用効率の改善を狙いとして、アドホックネットワークを構成する各端末の送受信アンテナとして無指向性ではなくて指向性アンテナを仮定し、その改善効果を明らかにしたものであり、得られた主な研究成果は以下の通りである。

- (1) 指向性アンテナを利用するためには隣接ノードの方向情報が不可欠である。隣接ノードの方向情報更新手法を新たに提案し、従来方式に比べオーバーヘッドを85%以上削減できることを明らかにした。
- (2) 指向性アンテナに適したメディアアクセス制御プロトコルを提案するとともに、上記隣接ノードの方向情報更新手法と併用することにより、ランダム配置時のスループットが無指向性メディアアクセスプロトコルに比べて約1.8倍に向上することを明らかにした。
- (3) 上記隣接ノードの方向情報更新手法と指向性メディアアクセス制御プロトコルに加えて、新たに提案する指向性アンテナに適したルーティングプロトコルを用いると、端末をランダム配置した時のスループットが無指向性メディアアクセスプロトコルを用いたAODVルーティングプロトコルに比べ約3倍から5倍に向上することを明らかにした。
- (4) 上記条件下において、提案する指向性アンテナ用ルーティングプロトコルをQoS (Quality of Service) ルーティングとして使用すると、低優先度フローのスループットを劣化させることなく高優先度フローのスループットを約2倍以上改善できることを明らかにした。
- (5) 実際に指向性アンテナを搭載したテストベッドを構築し、適切なキャリアセンスレベルの設定により、ビーム幅が広い指向性アンテナを用いても2フローの同時通信が実現可能であることを明らかにした。

以上要するに本論文は、今後のユビキタスネットワーク社会において重要な役割を担うと期待されるアドホックネットワークについて、指向性アンテナを用いたメディアアクセス制御プロトコル及びルーティングプロトコルを提案し、その改善効果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20年2月27日に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。