

氏名（本籍）	はまもと りょう 濱本 亮（広島県）
学位の種類	博士（情報工学）
学位記番号	甲第120号
学位授与年月日	平成28年3月23日
学位授与の要件	広島市立大学大学院学則第36条第2項及び広島市立大学学位規程第3条第2項の規定による
学位論文題目	A Study on Advanced Technologies Inspired by nature for Wireless LAN 自然界に学ぶ無線LANの高度化技術に関する研究
論文審査委員	主査 教授 石田賢治 副査 教授 角田良明 副査 准教授 舟阪淳一 副査 准教授 高野知佐 副査 学外審査委員 曾田雅樹

論文内容の要旨

近年、IEEE 802.11規格に基づく無線LAN技術が急速に発展しており、各家庭やオフィス、公共施設等、様々な場所で無線LANが利用可能になりつつある。また、スマートフォンやタブレット、モバイルアクセスポイント(AP)のような持ち運べる通信機器の技術向上により、インターネット接続できる範囲が益々拡大している。この様に、無線LAN技術が人々の生活の利便性を向上させる一翼を担っている。

IEEE802.11無線LANは、構成形態に着目すると、端末同士が直接接続することでネットワークを構築するアドホック型ネットワークと、アクセスポイント(AP)を介して端末が接続するインフラストラクチャ型ネットワークに分類できる。アドホック型ネットワークとインフラストラクチャ型ネットワークは、その特性からそれぞれ固有の課題を抱えている。本論文では代表的な課題として(課題1)アドホック型ネットワークにおけるネットワークの負荷分散と長寿命化、(課題2)インフラストラクチャ型ネットワークにおけるAPの配置・選択問題とメディアアクセス制御に注目している。本論文では、IEEE802.11無線LANを対象に、大規模かつ複雑ながらも階層的に安定した振る舞いを見せる、自然界で発生する現象に学んだ高度化技術を提案している。具体的には、前述の課題に対して自然現象を表現した数理モデルによる解決を目指している。

課題1について、アドホック型ネットワークの長寿命化と負荷分散を実現する技術として、物理学の近接作用(特に物質の拡散現象を模擬した拡散方程式)とくりこみ理論に学ぶアドホック型ネットワークのクラスタリング(逆拡散クラスタリング)に着目している。本論文では、特に動的環境下でのクラスタ安定性保証技術を提案し、従来技術では構造の維持が困難な状況においても提案技術によりクラスタ構造を維持できることを示した。また、提案技術によって形成されたクラスタ構造は、既存の反応拡散方程式に基づいた自律分散クラスタリング(Bio-inspiredクラスタリング)によって形成されたクラスタ構造に比べて高いデータ転送効率と消費電力削減が達成可能なことを示した。加えて、アドホック型ネットワークの長寿命化を図るため、端末の通信半径を最小化しつつ各端末の通信到達性の維持を目指す、標的問題を利用した無線端末の通信半径設計方式を提案し、そ

の有効性を評価した。端末の消費電力の観点からは端末の通信半径を短く設定することが望ましい。評価の結果、従来の通信半径を固定的に設定する方式に比べて、標的問題に基づいた提案方式では、高いGoodputを最小限の通信半径で実現するという、通信到達性と通信半径の最小化というトレードオフに対して上手く両者のバランスを取った通信半径を設定できることを示した。

課題2について、インフラストラクチャ型ネットワークを構成する端末と AP が共に協調移動することで、端末が無線環境に応じて利用する伝送レートを適切に変更する環境(マルチレート無線 LAN 環境)で発生するシステムスループット(システム内に存在する AP のスループットの合計値)に対する performance anomaly 問題を回避する AP 選択法を提案した。その結果、既存の端末が単独に移動する方式に比べて、提案方式はシステムスループットを大きく向上できることを示した。また、マルチレート無線 LAN 環境では AP のスループットは AP に接続している全端末の伝送レートの調和平均によって推定できることが示されている。本論文では、確率分布を用いて端末の分布をモデル化することにより、前述の調和平均によるスループット推定法の計算量を大きく削減した AP のスループット予測法を提案した。その結果、従来方式と同精度のスループットを定数オーダーで推定できることを示した。また、IEEE802.11に基づいた無線 LAN では、メディアアクセス制御として CSMA/CA が利用されるが、CSMA/CA は AP に接続する端末数の増加に伴って、端末が送信するデータフレームの衝突確率が増加するため、通信性能が大きく低下する問題が知られている。そこで本論文では、端末のデータフレーム送信タイミングを結合振動子の同期現象に基づいて設定することで、データフレームの衝突頻度を大幅に減少可能な、全端末の合計スループットを飛躍的に向上させることを目指した新しいメディアアクセス制御を提案した。評価実験の結果、提案したメディアアクセス制御は CSMA/CA に比較してスループットを大幅に向上可能なことが分かった。

最後に、本論文に対するまとめと今後検討すべき課題が述べられている。

論文審査の結果の要旨

平成28年1月29日(金)16時20分から17時55分まで博士学位論文発表会(公聴会)を開催した。申請者が論文内容について発表を行い、その後、論文内容および専門知識に関する質疑を行った。博士学位論文内の研究成果は、ジャーナル論文6編(第一著者5編、第二著者1編)、査読付き国際会議15編(第一著者9編)として公表済みである。

博士学位論文発表会(公聴会)では、申請者から博士学位論文の内容が的確かつ丁寧に説明され、質疑応答も適切であった。申請者と審査委員および聴講者の間では、研究の背景や研究成果の適用限界や今後の課題等に関する議論が活発に行われた。また、申請者は研究成果の一部を15編の査読付き国際会議で公表しており、申請者は十分な外国語(英語)能力を有すると判断された。

以上より、申請者は博士(情報工学)の学位を与えるに値する十分な専門知識と資格を有していると認め、審査委員会は論文審査の結果を合格と判断した。