

論文の内容の要旨

論文題目	A Study on Efficient and Reliable Data Transfer Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks (車車間アドホックネットワークにおける高効率高信頼性データ転送プロトコルについての研究)
学位申請者	策力木格

車両アドホックネットワーク (Vehicular Ad hoc Network, VANET) は近隣の車車間で通信を可能とするモバイルアドホックネットワークの一種類である。車両アドホックネットワークにおいて様々なアプリケーションが検討されており、それらのアプリケーションの要件に従って本論文では、通信をユニキャスト通信とブロードキャスト通信の2種類に分類する。ユニキャスト通信では、ユーザが車で移動時に音楽のダウンロードや、メールの送信を想定している。ブロードキャスト通信では交通の警告メッセージや、近くのサービス情報やリアルタイムのルート情報などのメッセージ配布に使用されることを想定している。

ユニキャスト通信の場合には、車両アドホックネットワークの通信経路の形状の頻繁な変化により、AODV などの汎用ルーティング・プロトコルが適応できない。したがって、通信経路上の中間ノードとして、送信元から受信先までの信頼できる経路を見つけることが重要となる。ブロードキャスト通信の場合は、プロトコルが、様々な交通状況において高信頼性、低遅延と低オーバーヘッドを提供する必要がある。

車両アドホックネットワークにおいて効率のよいユニキャスト通信を実現するため、本論文では高いノード移動環境において効率よく機能するルーティング・プロトコルQLAODV (Q-Learning AODV)を提案する。QLAODV は強化学習であるQ-Learningを分散環境に拡張したルーティング・プロトコルである。QLAODV は

Q-Learning を改良した方式を用いて、通信経路の状況の評価を行う。通信経路の状況として、ホップ数、帯域幅、移動性を考慮する。また、QLAODVがユニキャストパケットを使って経路の有用性を判断することにより、Q-Learningは動的なネットワーク環境において有効に働く。QLAODV では従来のAODVのルート・メンテナンスと異なり、動的ルート変更方式を用いて、ルートが切断される前に、よりよいルートに変更する。これにより、ルート・エラーによるパケットロスを削減できる。また常によりよい経路を選択することによってネットワーク全体の効率を向上させることが可能になる。

さらに、本論文では、車両アドホックネットワークにおいて、ブロードキャストメッセージを配布するために、高信頼かつ高効率なマルチホップ・ブロードキャスト・プロトコルを提案する。提案プロトコルは様々な交通状況において高い信頼性を提供するために、メッセージの受信が確認できない場合には、メッセージを再送する。また、提案プロトコルはブロードキャストメッセージ数を削減することにより、高密度のネットワーク環境における冗長なブロードキャストを回避することで、オーバヘッドを最低限に抑える。また、本論文は車の移動性を考えた中継ノード選択アルゴリズムを提案し、車両アドホックネットワークの動的なノードの位置の変化に適応した。信頼性、効率性、移動性を考慮することで、提案マルチホップ・ブロードキャスト・プロトコルが車両アドホックネットワークでのブロードキャスト通信に適応可能となる。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 策力木格

審査委員主査 森田 啓義

委員 吉永 努

委員 長岡 浩司

委員 大須賀 昭彦

委員 古賀 久志

委員 大坐 畠 智

本論文では、車両アドホックネットワークにおけるユニキャスト通信を提供するプロトコル、および、マルチホップブロードキャスト通信を提供するプロトコルについて提案している。

本論文は以下の内容から構成されている。

第1章では、車両アドホックネットワークにおいて様々なアプリケーションが期待されていることを示すとともに、それらアプリケーションの要件に従ってユニキャスト通信とブロードキャスト通信の2種類に分類している。また車両アドホックネットワークにて高効率、高信頼性データ転送を提供することが重要な課題になっていることを述べ、本論文の問題意識を提示するとともに、そのアプローチの概要を示している。

第2章では、本論文の研究の背景として、車両アドホックネットワークにおけるデータ転送プロトコルについて述べ、それらの技術の課題を示している。また技術的な背景として強化学習とQ-Learningを解説している。

第3章では、車両アドホックネットワークにおける効率的なユニキャスト通信を実現するアプローチとして、高い移動状況において効率よく機能するルーティング・プロトコルQLAODV (Q-Learning AODV)について提案している。QLAODVは強化学習のアルゴリズムを元に分散環境へ適用したルーティング・プロトコルである。QLAODVはQ-Learningを模倣した方式を用いて通信経路状況を評価する。通信経路状況として、ホップ数、帯域幅、移動性を考慮する。QLAODVでは従来のルート維持と異なる動的ルート変更方式を用いて、現在のルートが切断される前によりよいルートに変更する。これにより、ルート・エラーによるパケットロス削減できる。また常によりよい経路を使用することによってネットワーク全体の効率を向上させることが可能になる。ネットワークシミュレータns-2を用い

て提案プロトコルの評価を実施するとともに、他のプロトコルとの比較を行い、提案プロトコルの優位性を検証している。

第4章では、車両アドホックネットワークにおいて、高信頼かつ高効率なマルチホップ・ブロードキャスト・プロトコルを提案している。車の移動性を考慮に入れた中継ノード選択アルゴリズムを提案し、提案ブロードキャストプロトコルに適用している。提案プロトコルは様々な交通状況において高い信頼性を提供する。提案プロトコルでは効率的なメッセージ受信状況確認方式を使い、メッセージの受信が確認できない場合には、メッセージを再送することにより、高い信頼性を保証する。また、提案プロトコルはブロードキャストメッセージ数を削減することにより、高密度のネットワーク環境における冗長なブロードキャストを回避してオーバーヘッドを最低限に抑える。ネットワークシミュレータns-2を用いて、提案プロトコルと他のブロードキャストアプローチとの比較を行い、提案プロトコルの有効性を示している。

最後に第5章では、本論文のまとめと今後の課題を示している。

以上のように本論文では車両アドホックネットワークにおけるユニキャスト通信を提供する方式として、高いノードの移動環境においても効率よく機能するルーティング・プロトコルを提案し、その有効性を評価している。またブロードキャスト通信を提供する方式として、信頼性と効率性、移動性を考慮したマルチホップ・ブロードキャスト・プロトコルの提案を行い、その有効性を評価している。

これらの提案されている方式は、動的なノードで構成される車両アドホックネットワークにおいて、GPSなどの位置デバイスを用いず、隣接ノードの持つ隣接ノードの情報の交換により、安定した経路を維持できるノードを特定し、ユニキャスト、ブロードキャストの通信形態に応じた制御をそれぞれ提案している。コンピュータシミュレーションによる評価により、既存方式と比較して、有用性を示している。本論文で得られた結果は、基礎的な段階のものであるが、既存の方式とは異なるアプローチをとっており、今後の発展も期待ができる。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。