

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 05 月 07 日現在

機関番号：12612
研究種目：若手研究（B）
研究期間：平成 23 年度～平成 24 年度
課題番号：23700072
研究課題名（和文） 高密度な車両分布を想定した高効率・高信頼なマルチホップブロードキャストプロトコル
研究課題名（英文） An efficient and reliable multi-hop broadcast protocol considering highly dense vehicle distribution
研究代表者 策力 木格（GELIMUGE WU） 電気通信大学・大学院情報システム学研究科・助教 研究者番号：90596230

研究成果の概要（和文）：

近年、高度交通システムの実現に向けて、車両アドホックネットワークを用いた運転支援システム実現の取組が進められている。本研究ではその一環として、事故などの情報を周囲の車両に効率的かつ高信頼に伝達するマルチホップブロードキャストプロトコルを提案した。提案プロトコルでは、ファジィ論理に基づき車両間距離、車両の移動、無線電波の伝搬特性を柔軟に考慮し情報を中継する最適な車両を定め、さらにデータの紛失を効率の良い再送方式で回復することを特徴とする。さらに本研究では、実際の車両アドホックネットワークを構築し、提案プロトコルを実ネットワーク環境において評価し、提案プロトコルの実用性を確認した。その結果、提案プロトコルが高パケット配布率、低メッセージオーバーヘッド、低遅延を実現できることが確認できた。

研究成果の概要（英文）：

Vehicular ad hoc networks (VANETs) have been attracting interest in recent years for their potential uses in intelligent transport systems. In this research, we proposed a reliable and efficient multi-hop broadcast protocol which can be used to deliver emergency messages in VANETs. The proposed protocol selects relay nodes by employing a fuzzy logic to jointly consider inter-vehicle distance, vehicle movement and received signal strength. The protocol also uses an efficient retransmission mechanism to recover from packet losses. The proposed protocol was evaluated by using a real world vehicular ad hoc network. The experimental results showed that the proposed protocol can provide a high packet dissemination ratio, low message overhead and low end-to-end delay.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学計算機システム・ネットワーク

キーワード：ネットワークプロトコル

1. 研究開始当初の背景

日本における交通事故による事故件数や死傷者数はまだ多いのが現状である（警視庁の統計によると平成 21 年度の交通事故発生が 736,688 件、死傷者が 915,029 人）。こ

の問題を解決する手段として高度交通システム（ITS）の更なる展開が緊急の課題となっている。近年、ITS の実現技術の 1 つとして、車両アドホックネットワーク（VANET）が注目を集めている。VANET を利用すること

で、事故や隠れた車両の存在などの情報をリアルタイムに配布することにより交通事故を削減することが可能になる。不特定多数の車両に情報を配信するためには、マルチホップでメッセージを配信するブロードキャストプロトコルが必要となる。また情報の配布が必要となる状況では、通信ノードとなる車両が高密度で存在していることが多いと想定される。すなわち本研究では、高密度環境におけるマルチホップブロードキャストプロトコルに焦点をあてる。

2. 研究の目的

近年、高度交通システムの実現に向けて、車両アドホックネットワークを用いた運転支援システム実現の取組が進められている。本研究ではその一環として、事故などの情報を周囲の車両に効率的かつ高信頼に伝達するマルチホップブロードキャストプロトコルを提案する。提案プロトコルでは、ファジィ論理に基づき車両間距離、車両の移動、無線電波の伝搬特性を柔軟に考慮し情報を中継する最適な車両を定め、さらにデータの紛失を効率の良い再送方式で回復することを特徴とする。さらに本研究では、実際の車両アドホックネットワークを構築し、提案プロトコルを実ネットワーク環境において評価し、提案プロトコルの実用性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1)平成23年度には、マルチホップブロードキャストプロトコルを提案して、コンピュータシミュレーションを用いて評価しながらプロトコルの改善を行った。提案手法のシミュレーション評価には、実際の応用を考慮したより現実的なアプリケーションモデル、車両モビリティモデル、無線伝搬モデルを用いた。シミュレータとしては、オープンソースネットワークシミュレータ ns-2.34 を用いた。また無線電波伝搬モデルと車両移動モデルとしては、既存の高い評価のモデルを用いた。具体的には、無線電波伝搬モデルとして、Nakagami モデル (ns-2.34 にて提供されている) を用いて、より現実的なフェージングを模擬した。車両移動モデルとして、SUMO と TraNS を利用した。また他の既存のプロトコルと比較しながら、提案プロトコルの改良を行った。

本研究では、ファジィ論理によりノード(車両)間距離、移動状況、信号強度を統合化することにより安定かつ効率的な通信を可能にする方式を提案した。ファジィ論理は人間の思考と似たような近似的な推論を扱うことができ、複雑なシステムを制御することが可能となる。このため上記の3つの評価尺度を柔軟に考慮して、さまざまな状況で安定した少数の中継ノードを選択することが

可能となった。

さらに、このような中継ノードを選んだ場合も、伝送誤りなどでメッセージが紛失する可能性がある。このため提案するプロトコルでは、ブロードキャストしたメッセージの再送機能を実現した。

(2)平成24年度には、実ネットワーク環境にて提案プロトコルの性能を評価し、提案プロトコルの改良を行った。提案プロトコルを実無線デバイスにて実装して、実無線環境での提案プロトコルの動作を確認した。さらに無線装置を車に搭載させることにより、実車両アドホックネットワークにおける動作を確認した。

具体的には、Linux OS にて提案プロトコルの実装を行った。その次、提案プロトコルが実装されたノートPCを車に搭載させることで、実車両ネットワークにおける動作検証を行った。10台の車を用意して実証実験を行った。

4. 研究成果

高密度環境におけるマルチホップブロードキャストプロトコルを提案した。提案プロトコルが様々な環境において既存手法より高い性能を提供できることが確認できた。雑誌論文2件、国際会議7件、国内研究発表を4件発表した。

下記は実証実験で得られた結果である。提案プロトコルを Flooding, MPR[1], EMPR[2], EMPR-ReTr[2]と比較した。Floodingでは、受信者全員がメッセージを再ブロードキャストするMPR, EMPRでは、受信者が中継ノードとして選択された場合にのみメッセージを再ブロードキャストする。EMPRは車両の移動を考慮し中継ノードを選んでいる。しかし、無線リンクの品質が考慮されていない。EMPR-ReTrでは、受信者が送信者に確認応答を送信し、一定時間(50ms)以内に応答が確認できない場合にパケットを再送する。

(1) メッセージ数

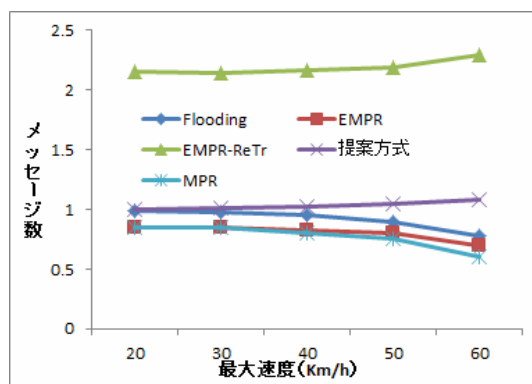


図1 データパケット毎に発生するメッセージ数

図 1 では、データパケット毎におけるメッセージの数を比較したグラフである。提案プロトコルが従来方式より低いメッセージオーバーヘッドを提供できることが分かった。これは、提案プロトコルが中継ノードを指定することで、メッセージの総数を削減できる。そのため、提案プロトコルが、高密度の環境にて、ブロードキャストメッセージ数を大幅に削減でき、効率がよいといえる（高密度環境における評価はコンピュータシミュレーションを使って評価した）。

(2) パケット配布率

図 2 は最大速度を変化させた場合のパケット配布率を示している。提案プロトコルが約 100 パーセントパケット配布率を提供できることがわかった。提案プロトコルでは、中継ノードの選択には距離、移動状況、信号強度を考慮しているため、他の方法に比べて、高いパケット配布率を得ることができている。

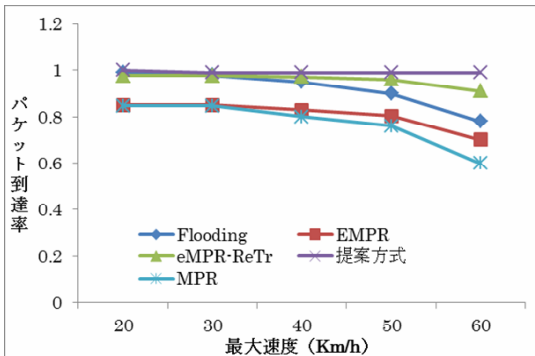


図 2 パケット配布率

(3) 遅延

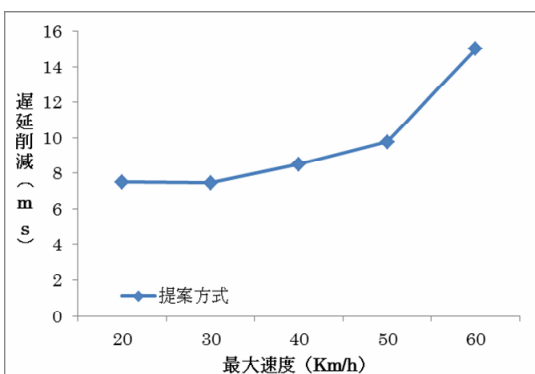


図 3 EMPR-ReTr に比べて、ホップ毎に削減した遅延

図 3 では、EMPR-ReTr に比べて、ホップ毎に削減した遅延遅延を示している。提案プロトコルが従来方式より低い遅延でデータを配布できることが分かった。移動速度が速い

場合、車間距離が増加し、無線リンクの品質が落ちる。従来方式では中継車両の選択に無線リンクの品質を考慮していないため、再送の数が増え遅延が増加する。提案方式では、ノードの移動速度、無線リンク品質両方を考慮しているために、効率の良い中継車両を選択することができ、低遅延を提供できる。

上記の図に示したように、提案プロトコルが様々な環境において、低いオーバーヘッド、高いパケット配布率、低い遅延を提供することができるため、車両アドホックネットワークにおけるマルチホップブロードキャストプロトコルとして利用されることが期待される。

参考文献

- [1] A. Qayyum, L. Viennot, and A. Laouiti, "Multipoint Relaying for Flooding Broadcast Messages in Mobile Wireless Networks," 35th Annual Hawaii Intl. Conf. on System Sciences, Big Island, Hawaii, pp. 3866-3875, 2002.
- [2] C. Wu, K. Kumekawa and T. Kato, "A Novel Multi-hop Broadcast Protocol for Vehicular Safety Applications," Journal of Information Processing, vol. 18, pp. 110-124, 2010.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- [1] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata and Toshihiko Kato, "A low latency path diversity mechanism for sender-oriented broadcast protocols in VANETs," Ad Hoc Networks, 査読有, 2012, doi:10.1016/j.adhoc.2012.02.007.
- [2] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata and Toshihiko Kato, "VANET Broadcast Protocol Based on Fuzzy Logic and Lightweight Retransmission Mechanism," IEICE Transactions on Communications, 査読有, Vol. E95-B, No. 02, 2012, pp. 415-425

[学会発表] (計 11 件)

- [1] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata and Toshihiko Kato, "Joint MAC Network Layer Broadcast Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks," in Proc. IEEE International Conference on Communications workshop, (20130613), Budapest, Hungary
- [2] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata and Toshihiko Kato, "Network Coding Assisted Cooperative Relay Scheme for Sender-oriented Broadcast in VANETs," in Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, (20130408),

Shanghai, China

[3] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata, Toshihiko Kato, "An Implementation-friendly Multi-hop Broadcast Protocol for VANETs," 電子情報通信学会総合大会, (20130321), 岐阜市

[4] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata and Toshihiko Kato, "Routing in VANETs: A Fuzzy Constraint Q-Learning Approach," in Proc. IEEE Global Communications Conference, (20121204), Anaheim, California, USA

[5] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata and Toshihiko Kato, "How to Broadcast Efficiently in Vehicular Ad Hoc Networks Without GPS," in Proc. IEEE Vehicular Networking Conference, (20121116), Seoul, Korea

[6] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata, Toshihiko Kato, "A VANET routing protocol with full utilization of opportunism," 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, (20120419), 沖縄

[7] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata and Toshihiko Kato, "OFA: Opportunistic Forwarding and Acknowledgement for Vehicular Ad Hoc Networks," in Proc. IEEE International Conference on Broadband and Biomedical Communications, (20111124) Melbourn, Australia

[8] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata and Toshihiko Kato, "A Broadcast Path Diversity Mechanism for Delay Sensitive VANET Safety Applications," in Proc. IEEE Vehicular Networking Conference, (20111116), Amsterdam, the Netherlands

[9] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata, and Toshihiko Kato, "Joint Retransmission and Relay Node Selection Scheme for Multi-hop Broadcast in VANETs," 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, (20111111), 青森

[10] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata and Toshihiko Kato, "Learning Route from Beaconing and Interest Dissemination in Vehicular Sensor Networks," in Pro. 6th IEEE International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications, (20111021), Bali, Indonesia

[11] Celimuge Wu, Satoshi Ohzahata, and Toshihiko Kato, "A Lightweight Approach for Reliable Broadcast in VANETs," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (20110916), 北海道

策力木格 (CELIMUGE WU)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・助教

研究者番号：90596230

6. 研究組織

(1) 研究代表者