

車車間通信を用いた車両情報通知方式のシミュレーション評価

田坂 和之[†] ニワット テープウィロージャナポン[†] 堀内 浩規[†]

[†] (株)KDDI 研究所

1. まえがき

現代社会が抱える問題の一つに、交通事故があり、その中の出会い頭事故を回避する車車間通信の期待が高まっている。しかしながら、実世界のフィールドを想定したシミュレーションによる車車間通信の評価が課題となっている。そこで本稿では、進行方向の車両に対して、自車両の存在を通知する車両情報通知方式を取り挙げ、実世界に即した行動モデルである MobiREAL[1]を利用して評価した結果について報告する。

2. 車車間通信方式に関わる課題

2.1 MobiREAL の概要

出会い頭事故を防止する一つの手段として、各車両が進行方向の車両に対し、自車両情報を通知する方法がある。ただし、車両情報を通知する方式が、出会い頭事故の回避策として有効であるかどうかを確認する必要がある。そこで、自車両情報通知方式の有効性を示すための評価手段が必要である。

評価手段の一つとして、実在の車両を用いた実験が考えられる。この方法は、現実の環境に即したデータの取得が可能である。しかしながら、実在の車両や通信装置を想定規模に応じた台数を準備する必要があるため、準備・管理コストの問題がある。そこで、予め有効な通知方式を確認するため、シミュレータを用いて実験することにより、この問題を抑えることが可能となる。

本稿では、実世界に即したシミュレーションツールとして、MobiREAL[1]を利用する。MobiREAL は、車車間通信で利用する電波強度が減少する壁を作成することが可能であり、実世界と同様に、見通しの悪い交差点を実現可能である。さらに MobiREAL は、各車両が、アプリケーションや自車両の周辺環境から取得した情報を送受信したり、取得したパケットに応じて、停止したりするなど、周辺環境やネットワークの状況に応じて、車両の行動が動的に変化するシナリオを作成することも可能である。

2.2 既存の中継方式

MobiREAL で評価する自車両情報の通知方式として、Flooding 方式がある[2]。しかしながら[2]は、未中継のパケットは全て中継してしまうため、車両情報を中継する車両(中継車両)が増加する問題がある。特に渋滞地帯では、渋滞していない場合と比較し、パケット送信量が增加する。このパケット送信量の増加が、ネットワーク上の輻輳を引き起こし、パケット到達率の低下に繋がる。パケット到達率が低下すると、車両情報を受信できない車両が増加する。

2.3 車両情報通知方式

本節では、2.2 節で述べた従来の通知方式が抱える問題である中継車両の増加を回避するため、車両の位置に応じて、中継車両を動的に決定する中継方式について述べる。

従来方式では、パケットの各中継車両が、同一の車両情報を含むパケットを同時に送信してしまうことが、中継車両増加の要因となっている。この問題を解決するため、中継を依頼する車両から、できるだけ距離の離れた車両のみがパケットを中継することが望ましい。

そこで本稿では、パケットの送信車両に近い車両ほど中継を開始する時間を遅延させ、前方の車両から受信したパケット内に、中継予定の車両情報が含まれる場合、中継予定のパケットを破棄する通知方式を取り挙げる。

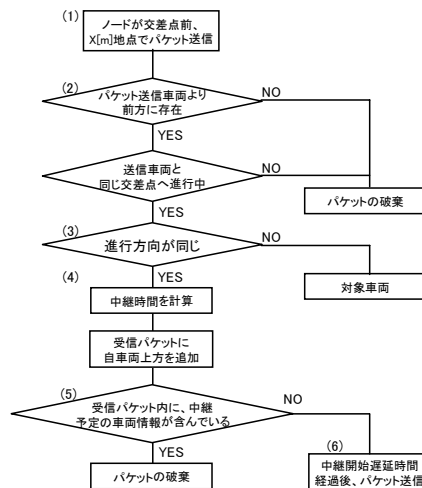


図 1: シーケンス図

3. MobiREAL の実装

2.3 節で述べた通知方式を MobiREAL 上で実装する。

中継開始を遅延させる時間(中継開始遅延時間: T_{wait})を、式 1 で表す。

$$T_{wait} = W_{max} \div \Delta_d \times \alpha \quad (式 1)$$

W_{max} は、送信車両の電波範囲、 Δ_d は、パケット送信車両と受信車両の距離である。 α は定数であり、 α を調整することにより、各中継車両における中継開始遅延時間の比率を調整することが可能となる。

さらに、中継の際に受信したパケットへ自車両の情報を付加することにより、従来方式と比較して、新方式は、パケットの送信数を減少させることが可能となる。この結果、輻輳の確率が減少し、パケット到達率が增加する。

4. プロトコルモデル

図 1 に、新方式でのパケット中継に関するシーケンス図を示す。

(1) 各車両は、予め設定している交差点前 $X[m]$ 地点に到達した場合、ブロードキャストにより自車両の情報を含んだパケットを周辺車両に通知する。自車両の情報は、直前に通過した交差点識別子、次に通過予定の交差点識別子、車両識別子、進行方向、距離測定時刻および交差点までの距離で構成される。また、次の交差点を通過するまで、自車両の情報を定期的に送信する。

(2) (1)での送信パケットを受信した車両の中で、送信車両より前方に存在し、同じ交差点へ進行中の車両が、中継車両候補となる。それ以外の車両は、自車両には関係の無いパケットと判断し、受信パケットを破棄する。

(3) 中継車両候補の中で、パケットの送信車両と進行方向が異なる車両は、中継車両候補から外れ、移動を停止する対象車両となる。

(4) 中継車両候補は、式 1 に基づき、中継開始遅延時間を計算し、中継開始遅延時間が経過するまでに、中継予定のパケットへ自車両の情報を付加する。

(5) 中継車両候補が前方車両より受信したパケット内に、中継予定の車両情報が含まれている場合、中継車両候補は、中継予定のパケットが中継済みのパケットと判断し、中継予定のパケットを破棄する。

(6) 中継開始時間が経過すると、中継車両候補は、パ

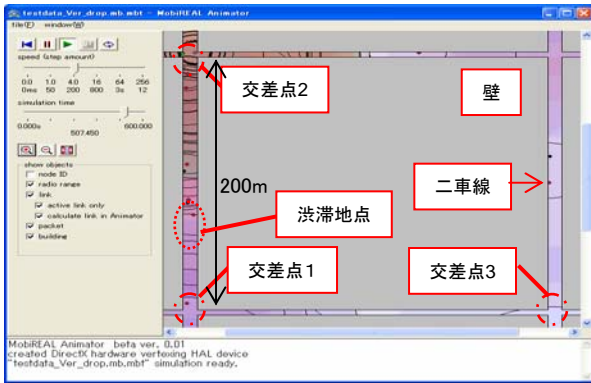


図2: 実行画面

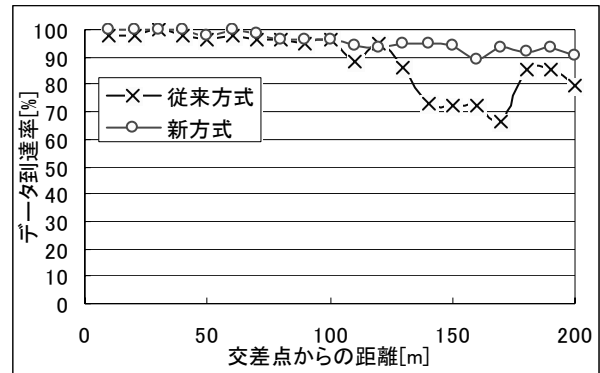


図3: 測定結果

ケットの中継車両となり、自車両の情報を含むパケットを送信し、一定時間毎にパケットを送信する送信時間をリセットする。一定時間経過後も、自車両の情報を送信していない場合は、自車両の情報を送信する。なお、各車両は、交差点通過後、パケットの送信を停止する。

5. ネットワークシミュレーション上での性能評価

5.1 シミュレーションシナリオ

本節では、従来方式と新方式の性能を評価するため、シミュレータを実行するためのシミュレーションシナリオについて述べる。

まず、MobiREAL において、図 2 に示す地図を作成した。具体的には、二車線の道路を二本平行に作成し、それらと垂直に交わる一車線の道路を二本作成した。また、見通しの悪い交差点を作成するため、道路以外の箇所は、電波を通さない壁を作成した。これにより、車両が交差点付近に到達しなければ、車両情報を対象車両に直接通知することが困難となり、中継車両を通して、対象車両へ自車両情報を通知する状況を作成した。

次に、MobiREAL において、行動モデルを定義した。具体的には、交差点 1 の下方ならびに交差点 2 の左方より車両を一定の確率で出現させ、それぞれ、交差点 2 の上方、交差点 3 の下方に向かわせた。さらに、渋滞地点における情報通知方式の性能を評価するため、交差点 2 の手前 130[m] から 170[m] 地点において、車両の渋滞を発生させた。なお、交差点 1 の下方より発生した車両は、交差点 2 の下方 200m 地点に到達すると、パケットの送信を開始する。なお、定期的にパケット送信する時間を 1[s] とした。

交差点 2 の左方より出現する車両は、交差点 2 を通過する際に、他車両の情報を受信すると、出会い頭事故を回避するため、交差点前にて停止する。停止後、一定時間の間、パケットを受信しない場合は、移動を再開するシナリオを作成した。

5.2 実験項目

従来方式と新方式の性能を比較するため、MobiREAL を利用し、以下の項目を測定する。

1. パケット送信数

従来方式と新方式を実装したシナリオを用いて、各車両が送信するパケット送信数を測定する。両方式において、このパケット送信数を比較することにより、新方式が、渋滞時においてもパケット送信数が軽減され、車両情報が、より効率的に中継されていることを示す。

2. データ到達率

MobiREAL 上において、距離に応じたデータ到達率を測定する。ここでデータ到達率とは、ある交差点へ向かう車両が送信したパケットが、交差点待ちの車両に到達する割合を意味する。データ到達率を従来方式と新方式で比較することにより、対象車両が、車両情報をより確実に受信していることを示す。

5.3 性能評価

シミュレーション上での測定結果ならびに既存方式と新方式の性能評価を、以下に示す。

1. パケット送信数

従来方式における送信パケットの総数は、21002 パケットであったのに対し、新方式における送信パケットの総数は、8324 パケットであった。このように、新方式では、従来方式での中継方式と比較して、約 60.4[%] の送信パケットを削減する結果となった。この結果から、渋滞が発生する時間が発生した場合、従来方式では、見通しの悪い交差点の車両にパケットが到達するまでのホップ数が増加し、パケット送信数も増加する。一方で、新方式では、従来方式と比較して、より効率的にパケットを中継し、車両情報を通知可能であるといえる。

2. データ到達率

図 3 は、従来方式と新方式におけるデータ到達率を示している。交差点手前 130[m] から 170[m] において、発生した渋滞地点において、従来方式では、パケット到達率が約 90[%] から 66[%]-85[%] に減少したのに対し、新方式では、90[%] を維持していた。この結果より、新方式では、従来方式と比較して、渋滞地点においても、データ到達率に影響を与えず、従来方式と比較して、より確実にパケットを中継し、車両情報を通知可能であるといえる。

以上の結果より、MobiREAL を利用することで、車両情報通知方式の有効性を評価可能であるといえる。

6. まとめ

本稿では、進行方向の車両に対して、自車両の存在を通知する車両情報通知方式を取り挙げ、実世界に即した行動モデルである MobiREAL を利用して評価した結果について報告した。評価結果として、車両の位置に応じてパケットの中継車両を動的に決定する新方式は、従来方式である Flooding 方式と比較して、パケット送信量が減少し、渋滞地点においても、パケット到達率が増加した。この結果から、MobiREAL を利用することで、車両情報通知方式の有効性を評価可能であるといえる。

最後に日頃ご指導頂く(株)KDDI 研究所秋葉所長ならびに鈴木執行委員に深く感謝する。なお本研究の一部は SCOPE からの受託研究「現実世界の行動モデルに基づく大規模ネットワークシミュレーションに関する研究」の成果である。

参考文献

- [1] Kumiko Maeda, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi, Keiichi Yasumoto and Teruo Higashino, "MobiREAL: Scenario Generation and Toolset for MANET Simulation with Realistic Node Mobility," *Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Data Management(MDM'06)*, pp. 55, May 2006.
- [2] C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," *IETF Experimental RFC (3561)*, Jul. 2003.