

緊急車両優先信号制御のための自動車アドホックネットワーク分散通信制御法

Vehicular Ad Hoc Network Distributed Communication Control Method for Traffic Light Priority Control of Emergency Vehicle

太田 集[†]
Shu OHTA

能登 正人[†]
Masato NOTO

米田 征司[†]
Seiji YONEDA

1. はじめに

2000年代初期より、緊急車両の旅行時間の短縮と交差点での事故防止を目的とした緊急車両支援情報通信システム (Fast Emergency Vehicle Preemption System: FAST) が一部の地域で運用されている。FAST では目的地までの経路誘導や各種情報の提供、そして経路上の信号機の優先制御を行う。緊急車両が交差点を通過するとき、直交する道路を走行する車両にとっては赤信号となるので、交差点進入時の安全を確保できる。これにより交差点を通過する際の減速が少なく済み、現場急行や搬送時間の短縮に有効的である。しかし、FAST は交通警察向けに開発された ITS である新交通管理システムの一つであり、交通管制センターによって管理、運用されている。そのため緊急車両と交通管制センターを繋ぐネットワークのうち、大部分が有線ネットワークで構築されており、ネットワークの拡大には多大なコストが必要となる。よって、FAST のようなシステムを必要としている中小規模の交差点は多いがあまり普及していない。この問題の解決法として、車車間通信により緊急車両が走行ルート上の信号機を制御する車車間通信信号機制御法が考えられる。この手法の通信方式は、一般車両によって緊急車両の接近情報を拡散させるシンプルな方法である。信号機は一般車両によって拡散された情報を受信し、優先制御を行う。実装は難しくないが、安定した通信を行うには全一般車両に通信機が搭載されている理想的環境が必要になる。

本研究では、モバイルエージェントを複数体用いて分散的に通信制御を行わせる自動車アドホックネットワーク分散通信制御法を提案する。交通流シミュレーション実験を行い、提案手法の有効性を確認する。

2. 従来手法

従来の車車間通信の通信方法として、受信をした車両が無差別に周囲の車両に同様の通信を行う、シンプルに情報を拡散させる方法がある。関連研究としては、緊急車両の接近を通知し、早期に一般車両が道を開けることで旅行時間を短縮する研究がされている [1]。緊急車両から送信された情報はバケツリレー式で周囲へ拡散してい

き、信号機がその情報を受信したら優先制御を行う。ここで指す優先制御とは FAST に含まれている機能と同じで、緊急車両側の信号機が赤ならば赤の灯火時間を短縮し、青ならば青の灯火時間を延長する制御方法である。緊急信号は一般車両に搭載された通信機を経由しながら信号機に向かって拡散していくため、一般車両の通信機器搭載率の影響を大きく受ける。安定した通信を可能にするには非常に高い通信機器搭載率が必要である。また、全車両が情報を拡散していく場合、無差別に通信を行うため送受信のタイミングが重なることがある。重なってしまった場合、通信待機時間が発生し、通信伝達の遅延に繋がりやすい。これらの問題を解決するために通信を行う車両を限定し、通信待機時間の削減が必要である。

3. 提案手法

提案手法では車車間通信によって構築される自動車アドホックネットワーク上の通信制御をエージェントを用いて行う。エージェントは複数体用意し、それぞれが端末(車両)間を移動しながら自動車アドホックネットワーク上を最短ホップ数で通信できる経路を探索し、緊急信号が入った際に通信制御を行う。通信を行う車両数が限定されるため、従来の拡散的な通信方法の課題であった通信待機時間が削減できる。

3.1 モバイルエージェント

提案手法で使うエージェントは自動車アドホックネットワーク上を移動するモバイルエージェントに属するタイプのもので、信号機の通信機から生成される。このエージェントはそれぞれ行動基準位置、移動開始位置、生存範囲を持ち、GPS の位置情報によって、一定の範囲内から出ないように移動を繰り返す。移動先の車両は対向車線を走行する車両を優先的に選ぶようにし、生存範囲を出てしまった場合には消滅する。また、エージェントは一定間隔でブロードキャストを行う。その際に周辺車両の位置、速度、加速度などの情報交換を行い、ネットワーク状況を把握する。緊急信号が発信されたときには、それぞれのエージェントが自分の通信範囲内で経由する車両を決め、その車両に対して指示を行う。通信可能車両はエージェントにより重み付けされ、複数のエージェントと通信範囲が重なっている車両を次の通信先として優先的に選ぶようにする。

[†]神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻, Graduate School of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

3.2 アルゴリズム

提案手法の概要を以下に示す。

- STEP 1** 緊急車両から緊急信号を送信する
STEP 2 通信を受けた車両がエージェントに報告する
STEP 3 エージェントにより次の送信先を決定する
STEP 4 STEP 2, STEP 3を繰り返す
STEP 5 信号機が緊急信号を受信する
STEP 6 信号機が緊急車両に対し優先制御する
STEP 7 終了判定

4. シミュレーション実験および評価方法

提案手法の有効性を確認するために、交通流シミュレーションによる実験を行った。試行回数は100回、一般車両の通信機器搭載率を0~100%まで10%刻みで変化させた。

4.1 シミュレーション環境

シミュレーションで使用した各パラメータを表1に示す。

表1: シミュレーションパラメータ

道路モデル	片側1車線と交差点が1つ
道路長	500[m]
道幅	5[m]
信号機の通信機の位置	交差点手前5[m]
一般車両の最大速度	30~50[km/h]
緊急車両の最大速度	80[km/h]
加速度	±1.25G
エージェント数	5[体]
行動基準位置間隔	50[m]
移動開始位置	半径50[m]
生存範囲	半径150[m]
5.8GHz帯通信距離	半径50[m]
700MHz帯通信距離	半径180[m]
ブロードキャスト間隔	0.5[sec]

エージェントの行動基準位置間隔とは生存範囲や行動開始位置の中心の座標間隔のことである。5体のエージェントの行動基準位置は交差点から手前10m地点を先頭に、50m間隔で設定した。通信規格には車車間通信の研究よく用いられる、5.8GHz帯と700MHz帯を使用する[2]。GPSは2Hz以上の間隔で更新されるとし、ブロードキャストを行った際に最新の情報が得られることを前提とする。車両はポワソン分布に従い生成する。

4.2 評価方法

従来手法である車車間通信による情報拡散法と提案手法である自動車アドホックネットワーク(VANET: Vehicular Ad-hoc NETWORK)分散通信制御法について、それぞれ5.8GHz帯と700MHz帯の成功率による比較評価

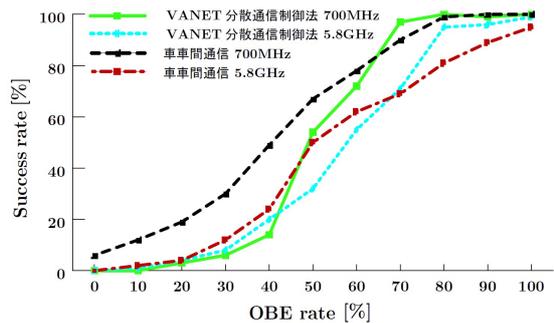


図1: 成功率グラフ

を行う。成功率とは、緊急車両が青信号で通過できた比率である。縦軸を成功率(Success rate)、横軸を通信機器搭載率(OBE rate: On Board Equipment rate)として図1に示す。

5. 結果と考察

図1より提案手法では5.8GHz帯も700MHz帯も共に成功率が95%以上になる通信機器搭載率の範囲が10%以上拡大している。これは従来手法に比べ、提案手法が少ないホップ数で通信を行うことが出来ているからである。従来手法では通信待機時間による遅延が頻繁に起きているが、提案手法では通信を行う車両を限定しているため、通信待機時間を最小限に抑えることができている。しかし、通信機器搭載率が5.8GHz帯では80%以下、700MHz帯では70%以下において、提案手法の成功率が著しく低下していることがわかる。これは通信機器搭載率が低下することでエージェントが消滅しやすくなり、その間通信制御が行えなくなることが原因であると考えられる。

6. おわりに

本研究では複数体のエージェントによって通信制御を行う通信方式を組み込んだ自動車アドホックネットワーク分散通信制御法を提案した。交通流シミュレーションによる実験を行った結果、従来手法に比べ、成功率が高いまま通信機器搭載率を10%近く下げることができた。しかし、提案手法ではエージェントが消滅しやすいため、消滅しても通信網が切れないようにするなどの改善が必要である。また、エージェントの数や生存範囲などのパラメータの調整も今後の課題である。

参考文献

- [1] 佐藤拓哉, 永長知孝: 緊急車両走行支援システムにおける車車間通信の効果に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 109, No. 58, pp. 37-41 (2009).
- [2] 伊藤健二, 三田勝史, 高梨昌樹, 田所幸浩: 周辺車両が車車間伝搬特性に及ぼす影響に関する一検討, 電子情報通信学会論文誌B, Vol. J94-B, No. 3, pp. 455-467 (2011).