

自動走行システムにおける典型的な車車間通信向け ユースケースの成立性の一検討

田代 祥真[†] 小花 貞夫[‡] 湯 素華[‡]

電気通信大学 情報理工学部[†] / 大学院情報理工学研究科[‡]

1.はじめに

我が国の政策である SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）[1]の対象課題として自動走行システムの研究開発がある．その中で車車間通信は，高速道路での車線変更，本線合流や分岐時における判断の迅速性や確実性を高める技術として重要である [2]．

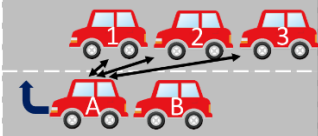
筆者らは，車車間通信の典型的なユースケースとして，高速道路での進路変更時の周囲車両との合意形成アルゴリズムの検討を行った．また，シミュレーションによる評価を通じて，送信電力の最適化，および走行中のレーン情報を用いる有効性について考察した．

2.自動走行における通信活用

[2]や5.8GHz帯を用いた車車間通信システムの実験用ガイドライン[3]は，具体的な通信活用ケースとその要件を定義している．自動走行システムで特に重要なものとして進路変更時(車線変更時または本線合流時)の合意形成支援が挙げられており，表1，図1に高速道路における進路変更時の場合の主な通信要件とケース概要を記す．

表1 基本的な通信要件

周波数帯	5.8GHz 帯
チャンネルアクセス方式	CSMA/CA
データレート	4Mbps
帯域幅	4.4MHz
受信感度	-96dBm
通信品質	片道累積パケット到達率 99%以上
対象エリア	255m
データサイズ	320byte
送信間隔と再送回数	20ms 間隔で再送 4 回
合意形成までの時間	最大 400ms



①進路変更車両(例:A)は隣接レーンの近傍後続車両(例:1, 2, 3)に要求を最大5回ブロードキャスト送信する。

②近傍後続車両は要求を受信すると受入可否を1回ブロードキャスト送信する。

③上記①②を2回繰り返す。

図1 ユースケース概要

Studies on Feasibility of Typical Use Cases for V2V Communications in Automated Driving System

[†]Shoma Tashiro, [‡]Sadao Obana, [‡]Suhua Tang

[†]Department of Information and Communication Engineering, The University of Electro-Communications

[‡]Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

3.先行研究とその課題

従来の車車間通信の課題として，チャンネルアクセス方式に CSMA/CA を用い送信電力を一定に設定した場合，車両が密集している状況で情報更新周期が短いとチャンネル競合が悪化し，車両間の通信遅延が増大する点が指摘されている．競合を減らす手法としては送信電力制御[4]がある．ここではスループット向上，遅延低減において手法の有効性が示されている．

車車間通信を用いた合意形成アルゴリズムは [5]などで検討されているが，表1のような実際の通信要件を考慮したシミュレーション等による評価は成されていない．

そこで，次項以降では，チャンネル競合を抑え，通信要件を満たすアルゴリズムを検討方式として定義し，評価する．

4.検討方式

4.1.前提条件

表1の通信要件に基づく．送信電力は可変とする．また，自車両と周囲車両との位置関係はカメラ，レーダ等により事前に把握しているものとし，送受信するパケットには車両速度，車両位置などの自車両情報が含まれるものとする．

4.2.検討方式

以下のようなアルゴリズムを検討した．尚，図2中の車両A，1，2，3は全て図1内の各車両に対応する．

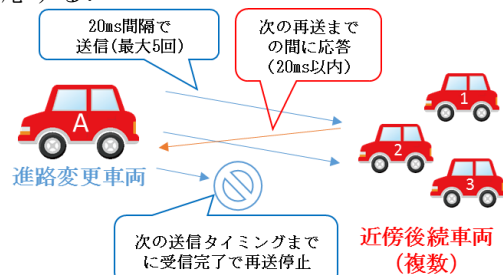


図2 検討アルゴリズム

最初の要求送信後，進路変更車両はいずれかの受信車両から返信パケットを受信した時点で20ms 間隔の要求再送を中止する．再送は最大 4 回までとし，それでも届かない場合には通信による支援を終了して手動による合流・車線変更に切り替える．

送信電力は電波の推定伝搬距離に応じて3段階

で評価する。また、走行中のレーン情報を用いて、進路変更先レーンの車両のみが受け入れ可否を返信する場合を想定し評価する。走行中のレーンが認知できる場合、適切な車両のみが要求に応答し、不要なパケット返信を抑制できる。

5. 評価と考察

5.1 シミュレーション評価の条件

シミュレーションでは、直線的な高速道路を模したシナリオを汎用ネットワークシミュレータ Qualnet5.2[6]上に作成した。また、表1の通信要件に加えて追加設定値を表2のように定めた。

帯域の使用用途は進路変更時の合意形成支援のみとし、1秒間の中で要求を出す車両の台数は1台/10台/100台の3通り想定した。それぞれの場合において、最大5回の送信後の後続車両からの応答受信率と最短応答到達時間を測定した。

表2 追加設定値

項目	設定値
道路環境	片側3車線 1車線3.5m 車線長2500m
車両台数	30台
車頭間隔	1.8s
送受信切り替え処理時間	5ms
パスロスモデル	Two-Ray Ground
フェージングモデル	Rayleigh
送信電力と推定伝搬距離	強:300-350m/ 中:200-250m/弱:100-150m
シミュレーション時間	60s

5.2. シミュレーション評価結果と考察

(a) 送信電力/レーン認知可否についての評価

各車両が100km/hで走行時の結果を表3、図3に示す。送信電力「強」では「弱」に比べてフェージング耐性があり、再送回数と到達時間が減少する。但し、チャネル混雑時にはかえって競合を悪化させ再送回数が増えるため、チャネル混雑度に応じた電力制御の必要がある。

一方で、レーン認知が可能な場合には総パケット数の減少に伴いチャネル占有率が低下し、送信電力が強いほど良い結果が得られた。

(b) 走行速度による評価

走行速度による応答到達時間の差を図4に示す。送信電力「強」、レーン認知「有」、要求車両台数「100台/秒」で評価を行い、受信率は図からは読み取れないがいずれも100%であった。

走行速度に伴い受信レベルの変動も激しくなり、かつ車間距離が広がって応答可能な車両台数が減ることから再送回数が増える傾向にある。80km/hではほぼ初回の送信で到達するが、140km/hでは2回程度再送が必要である。今回の場合では最大60ms程度で1往復の送受信が完了しており、同程度のチャネル混雑度であれば

400ms以内で2往復の送受信は十分可能である。

(c) 新たに見つかった課題

図1において、車両Aと車両3、車両Bと車両2のそれぞれの間で合意が同タイミングで形成される可能性がある。(サービスの競合のリスク。)

6. おわりに

自動走行システムにおける、車車間通信を用いた車線変更、本線合流時の合意形成アルゴリズムについて、実際の通信要件に基づいて検討、評価を行った。今後は、その他のユースケースについても具体的なアルゴリズムを検討し、複数のケースが同時発生した場合の評価を行う予定である。

表3 要求を出す車両の台数と応答受信率[%]

	1台/秒	10台/秒	100台/秒
強 (レーン認知可)	100.00	100.00	100.00
強	100.00	100.00	94.44
中 (レーン認知可)	100.00	100.00	100.00
中	100.00	100.00	100.00
弱 (レーン認知可)	100.00	100.00	83.33
弱	100.00	100.00	72.22

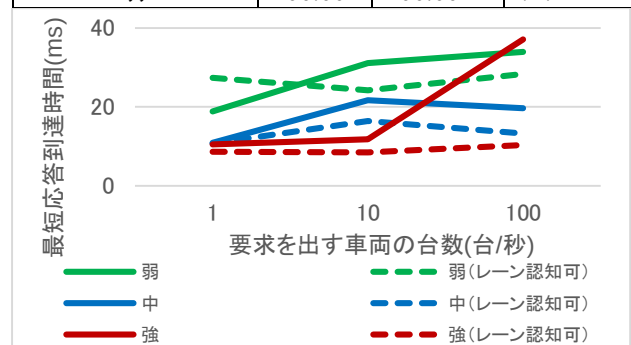


図3 要求を出す車両の台数と最短応答到達時間

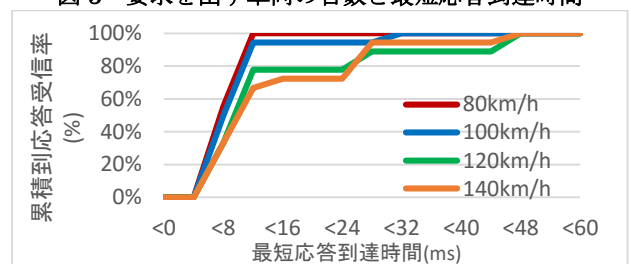


図4 走行速度毎の累積応答受信率

参考文献

- [1] 内閣府戦略的イノベーション創造プログラム, <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>.
- [2] ITS 情報通信システム推進会議, Vehicle Safety Communications 関連国際会議結果報告会資料, 2015 年 12 月.
- [3] ITS 情報通信システム推進会議 RC-005 1.0 版, <http://www.itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p32/ITSFORUMRC005V1.0.pdf>.
- [4] D.B. Rawat, et al. "Enhancing VANET Performance by Joint Adaptation of Transmission Power and Contention Window Size", Parallel and Distributed Systems, IEEE Transaction on, Volume 22, Issue 9, pp.1528-1535, Sep. 2011.
- [5] 後藤剛次, 他. "車車間通信を用いた車線変更協調方式の検討", 研究報告高度交通システム(ITS), 情報処理学会, Vol.2012-ITS-48, No.5, pp.1-8, 2012 年 3 月.
- [6] Qualnet 5.2, <http://web.scalable-networks.com/>.