

自動運転のための分散型交通管制システムの提案

太田 集[†] 米田 征司[†] 能登 正人[†]

神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻[‡]

1 はじめに

近年、自動運転技術や車車間通信の実用化に関する研究が盛んに行われている。例えば、交差点に接近してきた車両同士が通信を行い、互いの優先度によって交差点に進入する順番を決定し、その後自動運転によって交差点を通過するという分散型交通管制システムが提案されている [1]。このシステムでは、到達予測時間に基づいて、先に交差点に到達する車両が優先され、無駄な待ち時間がなく、既存の信号機に比べ非常に効率的である。しかしながら、信号機に比べれば渋滞緩和の問題に対しても一定の効果が得られるが、交通量を考慮した柔軟な処理はできない。このシステムを車両密度の高い都市部で普及させるためには、交通量を考慮した処理ができるシステムに改善する必要がある。

本研究では、後続車両を考慮した新しい優先度の算出方法を提案することで、交通量に合わせて渋滞処理を行えるシステムに改善する。提案手法の優先度の計算に用いる後続車両はカーナビゲーションシステムなどから得るものとする。提案手法について交通流シミュレータを用いて有効性を確認する。

2 従来手法

従来手法である分散型交通管制システムの優先度は交差点までの到達予測時間によって決定される。通信時に送信される各種メッセージは以下の通りである。

REQUEST 車両からブロードキャストされるメッセージである。優先度の他に車両 ID、レーン ID が含まれる。

REJECT 交差点に進入しないよう車両をブロックするメッセージである。優先度の高い自車両の車両 ID と優先度の低い相手の車両 ID が含まれる。

FOLLOW 追従走行が可能な車両に対して送信されるメッセージである。自車両 ID とそれに追従する車両 ID のリストが含まれる。

PERMIT REJECT メッセージでかけられたブロックを解除するメッセージである。ブロックをかけた車両の ID が含まれる。

3 提案手法

従来手法では渋滞が発生した場合に、交通量に合わせた優先度の決定ができない。提案手法では優先度の算出に後続車両を考慮し、交通量が多いレーンの車両が優先的に交差点に進入できるように改善する。後続車両の情報は車両の現在地情報の一つであるレーン ID や、カーナビゲーションシステムの経路情報から得られるものとする。車両 i に対する提案手法の優先度 P_i の算出式を式 (1) に示す。

$$P_i = kArvSec_i - (1 - k)PrdNum_i \quad (1)$$

$ArvSec_i$: 到達予測時間, $PrdNum_i$: 後続車両台数

提案手法では従来手法のメッセージに加え、CHECK メッセージと RESPONSE メッセージが使われる。以下に各メッセージの概要を示す。

CHECK 後続車両であるかどうかを確認するメッセージである。自車両 ID、交差点 ID、レーン ID、自車両の GPS 情報が含まれる。

RESPONSE CHECK メッセージに対する返答メッセージである。返答と自車両 ID が含まれる。

Algorithm 1 は周囲の車両への CHECK メッセージの発信と、RESPONSE メッセージの受信に関するアルゴリズムである。それ以外のメッセージに関するアルゴリズムや、システム全体のアルゴリズムについては参考文献のものを参考にして設計する。従来手法の分散制御型のアルゴリズムの冒頭に以下のアルゴリズムを書き加える。

Algorithm 1 Broadcast of CHECK and Receive of RESPONSE

```

Begin for a vehicle  $i$  :
  broadcast CHECK( $i, tid, lid_i, gps_i$ );
  wait for RESPONSE from others;
On Receiving RESPONSE ( $k, res$ ) from  $k$ 
  if  $res = 1$  then
     $PrdNum_i ++$ ;
  end if

```

Distributed Traffic Control System for Self-Driving Cars

[†]Shu Ohta, Seiji Yoneda and Masato Noto

[‡]Graduate School of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

4 シミュレーション実験および評価方法

図1の交差点をモデルに交通流シミュレーションを行う。シミュレーションでは、渋滞が起きているレーンが意図的に優先されているかを確認するために、一方方向からのみ渋滞車両群を進入させる。各パラメータを表1に示す。

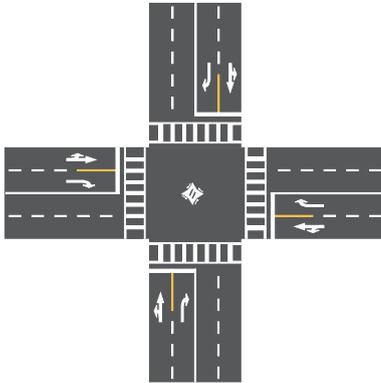


図1: 交差点のモデル図

表1: 各パラメータ

交差点	道路	片側2車線
	右折専用車線	各1車線
	直進左折専用車線	各1車線
車両台数	北側	各車線100台
	南側	各車線50台
	西側	各車線50台
	東側	各車線50~100台
車両	最高速度	60km/h
	通信規格	ARIB STD-T109

シミュレータを用いて提案手法の有効性を確認する。提案手法と従来手法、信号機について平均待ち時間と平均スループットで比較を行う。平均待ち時間は速度が0km/hの時の合計時間の平均値、平均スループットは1分間当たりの平均処理台数を示す。表2に提案手法、従来手法、信号機による平均スループットの比較結果を示す。また図2には東側のレーンと全体の平均待ち時間について、提案手法と従来手法の変化を示す。

5 結果と考察

表2からは交通量の変化に伴う平均スループットの変化が確認できる。提案手法が処理効率の良い並行走行よりも、渋滞緩和のための追従走行を優先して発生しやすくしたため、台数が増えるにつれ数値が低くなっている。しかし、24台までは提案手法の方が良い数値を出している。他のレーンよりも先に車両が無くなるレーンが存在した場合、並行走行が起き辛くなり、効率が低下することがある。それに対し、後続車両数が

表2: 平均スループット

車両台数	提案手法	従来手法
20	64.46	59.12
24	59.12	57.32
28	55.14	58.56
32	51.26	57.38
36	48.48	58.32
40	46.25	56.91

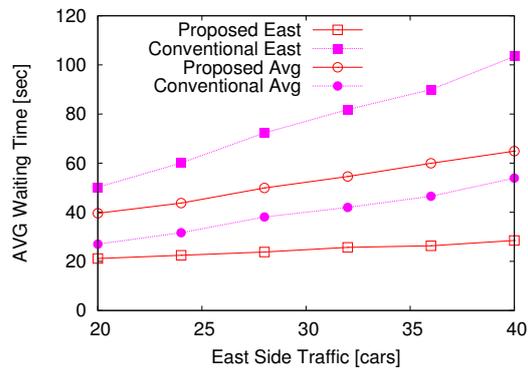


図2: 交通量の変化による平均待ち時間

多いレーンが優先的に処理されるようになったため抑制する働きが生まれたと考えられる。

また図2より、車両台数の増加に際し、待ち時間が上昇していることがわかる。従来手法と提案手法を比較すると、斜線の傾きが従来手法よりも提案手法の方が緩やかになっており、渋滞を抑えられていることが分かる。これは後方車両が多い車両のレーンが優先されやすくなるように設計したため、速度が0km/hになることが少なくなったことが要因と考えられる。

6 おわりに

本研究では、後続車両の台数を考慮した分散型交通管制システムの改善手法を提案し、比較検討を行った。シミュレーションの結果から交通量の変化に対応できる設計を行うことが確認できた。今回の実験では一定の効果を確認することができたものの、実際に実装するためには様々な形の交差点に適用させることが課題となる。また、現実に存在する交差点をモデルに実験を再現することも今後必要である。

参考文献

[1] Wu, W., Zhang, J., Luo, A. and Cao, J.: Distributed Mutual Exclusion Algorithms for Intersection Traffic Control, *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 26, No. 1, pp. 65-74 (2014).