

車線・位置情報を利用した車々間通信向け アドホックネットワーク構築手法

加藤 隆志[†] 高木 厚伸^{††} 小坂 隆浩[†] 佐藤 健哉[†]

[†] 同志社大学 工学部 情報システムデザイン学科 ^{††} 同志社大学大学院 工学研究科 知識工学専攻

要約 車々間通信では、衝突警告や協調運転などの緊急性の高いメッセージを取り扱うアプリケーションが想定されるため、接続安定性の高さが重要となる。また、現在提案されているモバイルアドホックネットワーク向け通信プロトコルの多くは、携帯電話やPDA等の汎用機器での利用を想定しているため、位置情報や車載カメラの情報を利用し、車々間通信に特化させることで、通信効率の向上が期待できる。本稿では、接続安定性を高めるため、トポロジの変化が少ない車線単位でネットワークグループを構築する手法を述べるとともに、車載カメラを利用したトポロジ変化の検出方法および、ネットワークに対応していない車両（以下、非ネットワーク車両）の認識方法について述べる。また、IPv6を利用し、ネットワークアドレスとMACアドレスから、自律的にIPアドレスを構成する方法についても述べる。

A Method of Ad-hoc Network Construction for Vehicle to Vehicle Communication using Lane/Position Information

Takashi KATO[†] Atsunobu TAKAGI^{††} Takahiro KOITA[†] Kenya SATO[†]

[†] Department of Information Systems Design, Doshisha University

^{††} Graduate School of Engineering, Doshisha University

Abstract Connection stability in vehicle-to-vehicle (V2V) communication is important for applications handling urgent message, such as collision warning and cooperative driving. Many kinds of mobile ad-hoc network protocols have been proposed; however, there should be possibility to improve data dissemination performance specially for V2V communication by using characteristics of vehicle location information (e.g. lanes, global/relative positions) and camera sensor information. We propose a method of ad-hoc network construction with the characteristics to improve connection stability. A camera sensor detects each vehicle's location and movement. Vehicles driving in each lane form a group and a network address is assigned to each lane. An IPv6 address for each vehicle is automatically configured with the network address and a vehicle's physical address.

1 はじめに

国内の交通量が増加し続けてきた結果、近年では、道路上における自動車の密度が高くなっている。このような状況において、自動車同士が互いに連携を行い、安全性の確保や利便性の向上を実現する動きが活発化している。^{1) 2)}

自動車同士が連携することで、実現が期待されるアプリケーションとしては、追突の防止を目的としたブレーキアシスト機能や、ドライバの運転負荷を軽減する隊列走行機能などが挙げられる。

連携に利用される通信手段として、赤外線通信³⁾ や可視光通信⁴⁾ などが提案されているが、特に無線を用いたアドホックネットワークは、通信速度や実用性の面から、注目されている⁵⁾。

しかし、従来のアドホックネットワークのプロトコルは、ランダムに存在・移動する通信ノード間の接続を前提としており、自動車のように位置や移動パターンを限定できる場合は、通信効率や接続安定性において改善の余地がある。また、通信している車両の相対位置情報や、ネットワークに対応していない車両（以下、非ネットワーク車両）の考慮も必要となる。

本稿では、ブレーキアシストや隊列走行をはじめとした、前後車両の密な連携が必須となるアプリケーションをターゲットに、車線単位でネットワークグループを構成するアドホックネットワークの構築手法について述べる。

2 アドホックネットワークの形態

アドホックネットワークとは、インフラ設備に頼らず、自律的に構成されるネットワークを指し、互いに通信圏外のノードが通信する場合は、中間に位置するノードがパケットを中継するマルチホップ通信を行う。本研究の提案方式における前提条件として、各車両は自車が属するグループ内の全車の IP アドレスと、相対位置の情報を保持する。各車両は、IP アドレスと相対位置から、マルチホップ通信において、どの車両へホップすべきかを決定し、ルーティングテーブルとして管理する。アドホックネットワークの概略図を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 は、ネットワークに対応した車両 A~E が、同一車線上に存在する場合の、各車両の通信範囲とルーティングテーブルを示している。各車両は、送られてきたパケットの宛先から、どの車両へパケットを転送すればよいかを判断する。

3 提案方式の概要

本提案では、片側複車線の直線道路において、ネットワークに対応した車両と非ネットワーク車両が混在する環境を想定し、同一車線内で非ネットワーク車両を挟まずに、ネットワークグループを構成した場合、隊列走行等の前後車両の密な関係が必要となるアプリケーションで利用可能になるとともに、接続安定性が増すという点に着目する。

提案方式では、車線ごとにあらかじめネットワークアドレスを割り当てることで、ネットワークグループを分離し、車載カメラにより、車両の相対位置の確認と非ネットワーク車両の認識を行う。

3.1 特徴

本研究の提案方式の特徴を、以下に列挙する。

1. 接続安定性の向上
2. ネットワーク負荷の低減
3. 非ネットワーク車両の認識
4. 自律的な IP アドレスの構成

本研究では、前後車両の密な連携が必須となるアプリケーションをターゲットとしているため、1 点目に挙げた接続安定性の高さが求められる。また、緊急性の高い情報のやりとりを考慮すると、2 点目のネットワーク負荷を低減する工夫が必要となる。さらに、隊列走行などの高度なアプリケー

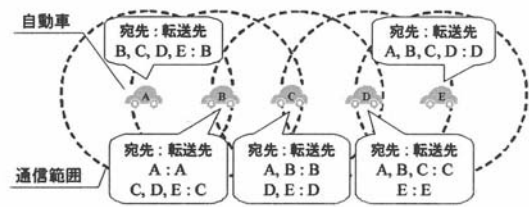


Fig. 1 アドホックネットワーク概略図

ションを実現する上で、非ネットワーク車両の存在を無視できないため、通信以外の方法を用いて認識する必要がある。最後に、車線ごとにネットワークグループを構成するため、各車両は自律的に IP アドレスを構成する必要がある。

3.2 必要条件

本研究の提案方式の必要条件を、以下に列挙する。

1. 現在位置情報
走行中の車線を判別可能な精度（誤差 50cm 以下⁶⁾）を持った測位システム。
2. 自動車が移動可能な道路情報
現在位置情報から、走行中の車線を検出可能な精度を持っており、各車線にネットワークアドレスが定義されたデジタル地図システム。
3. アドホック無線通信機器
想定される最大車間距離と一般的な無線 LAN デバイスの通信範囲から、100m 程度の無線通信能力を持ち、IP アドレスと MAC アドレスを利用するデバイス。
4. ナンバープレート
通信している車両の相対位置を確認するための識別子として利用。
5. 前方車両のナンバーを読み取る車載カメラ
前方車両のナンバープレートを監視、認識するデバイス。現在位置が一時的に測位できない場所（トンネル等）では車線の判定に利用。なお、ドライブレコーダ等の用途により、今後普及が予想される。

3.3 通信形態の概要

既存のアドホックネットワーク向けプロトコルでは、車線を意識せずにルーティングを行うため、車線ごとの平均車速や方向の違いにより、接続が

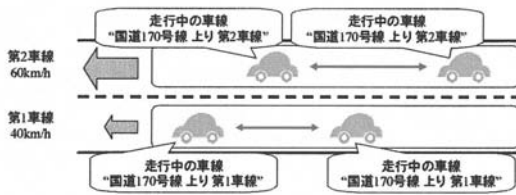


Fig. 2 ネットワークグループ構成図

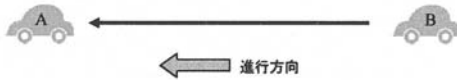


Fig. 3 車両 A・B の相対位置の確認

不安定になる。そこで、本研究の提案方式では、車線ごとにネットワークグループを構成し、接続安定性の向上を図る。ネットワークグループの構成図を Fig. 2 に示す。

3.4 車載カメラとナンバープレートの利用

3.4.1 車両の相対位置の確認

本研究の提案方式では、ルーティングに車両の相対位置情報が必要となる。そこで、車載カメラとナンバープレートを用いて、相対位置を確認する。本項では、Fig. 3 を用いて、車両 B が車両 A に追いつき、相対位置を確認する手順を述べる。

まず、車両 B が車両 A に追いつき、車載カメラで車両 A のナンバープレートを読み取る。車両 B は、車載カメラが読み取ったナンバーの変化をトリガとして、Table 1 の内容の packets を、Hop Limit を 1 に設定してブロードキャストする。

車両 B のブロードキャストを受信した車両 A は、自車のナンバーと宛先ナンバーおよび、車線情報が一致するため、1 台後ろに位置する車両が車両 B になったと判断できる。仮に、車両 A の前方車両も車両 B のブロードキャストを受信した場合、自車のナンバーと宛先ナンバーが不一致のため、パケットを破棄する。また、異なる車線の車両が車両 B のブロードキャストを受信した場合は、車線情報が異なるため、同様にパケットを破棄する。

次に、車両 A は Table 1 の packets に対して Table 2 の内容でレスポンスを返す。

Table 2 の packets を受け取った車両 B は、1 台前に位置する車両 A の IP アドレスを認識することで、車両 A と直接通信可能な状態となり、相対位置の確認が完了する。

Table 1 B から送信される packet の内容

packet 種別	グループへの参加要請
送信元 IP	車両 B の IP アドレス
送信元 ナンバー	車両 B のナンバー
宛先 IP	ブロードキャスト (Hop Limit=1)
宛先 ナンバー	車両 A のナンバー
車線情報	車両 A の走行車線
グループ情報	A のルーティングテーブル

Table 2 A から返信される packet の内容

packet 種別	参加要請の承諾
送信元 IP	車両 A の IP アドレス
送信元 ナンバー	車両 A のナンバー
宛先 IP	車両 B の IP アドレス
宛先 ナンバー	車両 B のナンバー
車線情報	車両 B の走行車線
グループ情報	B のルーティングテーブル

3.4.2 非ネットワーク車両の認識

Fig. 3 において、車両 A が非ネットワーク車両であるとし、後方から車両 B が追いつき、グループの構成を試みようとする場合を想定する。

車両 B は、車載カメラで車両 A のナンバーを認識し、車両 A のナンバー宛に Table 1 の内容をブロードキャストするが、車両 A は非ネットワーク車両であるため、レスポンスを返さない。車両 B は、レスポンスが返ってこないため、車両 A が非ネットワーク車両であると判定する。

3.4.3 ネットワーク負荷の低減

一般に、アドホックネットワークにおいて、ネットワーク負荷の低減を望む場合、Reactive 型のプロトコルを用いるが、通信を開始しようとしてから、経路を探索するため、トポロジの変化に応じて応答が遅くなる。逆に、トポロジの変化に対して高速な応答性を望む場合、Proactive 型を用いるが、常に経路情報を含んだ制御メッセージが流れ続けるため、ネットワーク負荷の増大が問題となる。

Reactive 型と Proactive 型のプロトコルの特徴を Table 3 にまとめる。

本研究の提案方式では、物理的に前方車両のナンバーの変化を監視し、ナンバーに変化があった場合のみネットワークトポロジを更新するため、応答性を犠牲にせず、なおかつ非通信時におけるネットワーク負荷の低減が可能となる。

Table 3 Reactive 型と Proactive 型の比較

	メリット	デメリット
Reactive 型	非通信時に制御メッセージが不要	通信開始時に、経路探索の必要があり、遅延が発生
Proactive 型	最新経路を維持するため、通信開始時の遅延が小さい	非通信時でも、経路を維持するため、制御メッセージが必要

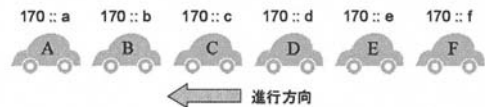


Fig. 4 ルーティングテーブルの管理

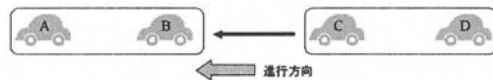


Fig. 5 グループ同士の融合

Table 4 車両 C の管理情報

IP アドレス	ナンバー	相対位置
170 :: a	A のナンバー	+2hop
170 :: b	B のナンバー	+1hop
170 :: d	D のナンバー	-1hop
170 :: e	E のナンバー	-2hop
170 :: f	F のナンバー	-3hop

3.5 ルーティングテーブルの管理手法

3.5.1 管理情報

第 2 章にて、グループ内の全車の IP アドレスと相対位置情報の保持を前提条件に、ルーティング方式の概略を述べたが、トポロジ変化に対する処理効率を向上させるため、付加情報として、グループ内の全車のナンバー情報を保持するものとする。

Fig. 4 のように車両がグループを形成しているとき、車両 C が保持するルーティングテーブルの情報を Table 4 に示す。

Table 4 内のゴシック体は、マルチホップ通信でパケットを中継する際に、次にホップする車両を表している。車両 C は自車の位置を境界に、パケットの宛先が前方ならば車両 B へ、後方ならば車両 D へ転送する。

3.5.2 更新手順

ルーティングテーブルの更新は、差分情報で行う。Fig. 4 において、車両 D が新たな車両 G の割り込みを認識し、後方へ差分情報を伝達する場合、まず車両 E へ車両 G の情報を伝達する。差分情報を受け取った車両 E は、自車の持つルーティングテーブルに差分情報を適用し、車両 F へ転送する。

3.6 グループの管理手法

3.6.1 グループ同士の融合

Fig. 5 において、車両 A・B のグループに車両 C・D のグループが追いついた場合、まず、車両 C が車両 B を発見する。車両 C は、車両 B にグループへの参加要請を行うと同時に、車両 C・D のルーティングテーブルを転送する。

次に、車両 B も同様に車両 A・B のルーティングテーブルを返して、グループへの参加を承諾する。車両 B と C は、互いのルーティングテーブルを取得するため、グループ内の車両に差分情報を転送し、グループの融合を完了する。

3.6.2 グループの分離

以下に示す 2 点をグループの分離条件とし、いずれかを満たした場合は、分離を行う。

1. 前方車両との距離が一定以上に離れた場合
2. 前方に非ネットワーク車両が割り込んだ場合

1 点目の条件を満たすと、前方車両との距離が離れ、物理的に通信不能となる。そこで、車載カメラにより、前方車両との距離が一定以上になったことを検出した車両が、前方車両にグループの分離要請を行い、同時に後続車両にルーティングテーブルの差分情報を転送する。分離要請を受けた車両は、同様にルーティングテーブルの差分情報を前方車両に転送し、分離処理を完了する。

2 点目の条件と満たすと、隊列走行などにおいて、前後車両の連携が困難となるため、非ネットワーク車両の割り込みを検出した車両が、1 点目と同様の方法で分離処理を行う。

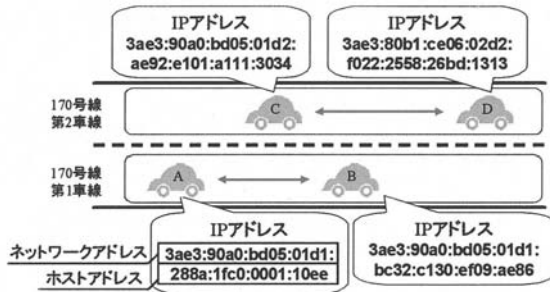


Fig. 6 自律的な IP アドレスの構成

3.7 自律的な IP アドレスの構成手法

アドホックネットワークでは、通信ノードへの IP アドレスの割り当てが課題となる。

本研究の提案方式では、あらかじめ車線ごとにネットワークアドレスを定義しておき、各車両は走行中の車線に応じて、ネットワークアドレスを変更し、一意のホストアドレスと組み合わせて、IP アドレスを構成する。構成例を Fig. 6 に示す。

自律的な IP アドレスの構成を実現するため、IP には IPv6 を利用し、オートコンフィグレーション機能を利用する。オートコンフィグレーション機能とは、ホストコンピュータから通知されたネットワークアドレス (64bit) と、自ノードの MAC アドレスから変換された一意のホストアドレス (64bit) を合成し、IP アドレス (128bit) を構成する機能で、IPv6 の仕様の一つである。

アドホック環境では、ネットワークアドレスを供給するホストコンピュータに当たる部分が存在しないため、あらかじめ車線に定義されたネットワークアドレスを各車両が割り出すことで、オートコンフィグレーション機能を実現する。

4 具体的な通信手順

4.1 制御メッセージの種類

本研究の提案方式における、制御メッセージの種類を以下に列挙する。

- グループへの参加要請
- グループの分離要請
- ルーティングテーブルの更新 (差分情報)
- 要請に対する承諾

4.2 各車両のルール

1. 前方車両のナンバーを発見した場合、前方車両へグループへの参加要請を送信

(a) 承諾の返信があった場合

受信したルーティングテーブルと自車のルーティングテーブルの和を取り、差分情報を後方車両に伝達

(b) 承諾の返信がなかった場合

前方車両を非ネットワーク車両と判断

2. 前方車両のナンバーが変化した場合

(a) ルーティングテーブル (自車より前方) に存在するナンバーならば、ルーティングテーブルから該当車両と自車の間の車両を削除し、差分情報を前後車両に伝達

(b) ルーティングテーブル (自車より後方) に存在するナンバーならば、該当車両の位置を更新し、前後車両に伝達

(c) 存在しないならば、前方車両へグループへの参加要請を送信

i. 承諾の返信があった場合

ルール 1-(a) と同様

ii. 承諾の返信がなかった場合

前方車両を非ネットワーク車両と判断し、自車がグループの先頭でない場合は、元前方車両へグループの分離要請を送信

3. 各種制御メッセージを受信した場合

(a) グループへの参加要請ならば、承諾を返信し、受信したルーティングテーブルと自車のルーティングテーブルの和を取り、差分情報を前方車両に伝達

(b) ルーティングテーブルの差分情報ならば、次の車両へ伝達

(c) グループの分離要請ならば、後続車両をルーティングテーブルから削除し、前方車両へ差分情報を伝達

4. 自車の車線が変更された場合、ルーティングテーブルをリセット

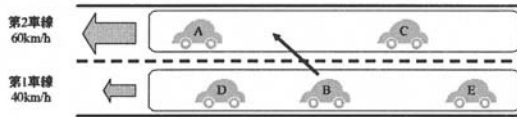


Fig. 7 具体的な通信手順の例

4.3 通信手順の例

本節では、Fig. 7を用いて、車両Bが第1車線のグループを離脱し、第2車線へ車線変更を行う場合の各車両の通信手順を説明する。

車両Bの車線変更後、第1車線で車両Bの追加処理、第2車線で車両Bの削除処理が行われる。

まず、第1車線での通信手順をFig. 8に示す。Fig. 8では、破線は車載カメラの動作、実線は通信、*は単独処理とする。

車両Bは、第1車線に入る(*1)と、車線の変更を検出し、ルール4に従いルーティングテーブルをリセットする(*2)。次に車両Bは新たなナンバーを発見、車両Cはナンバーの変化を検出する。車両Bはルール1、車両Cはルール2-(c)に従って、グループへの参加要請を前方車両へ送信する。

車両A・Bはそれぞれ参加要請に対して、承諾を返信する。次に、車両Aは自車と車両B、車両Bは自車と車両Cとのルーティングテーブルの和から、差分情報を生成し(*3)、ルール3-(a)に従い、前方へ伝達する。また、車両B・Cも、参加要請の承諾を得た後、自車と取得したルーティングテーブルから差分情報を生成し(*4)、それぞれルール1-(a)、ルール2-(c)-iに従い、後方へ伝達する。

次に、第2車線での通信手順をFig. 9に示す。車両Bが離脱すると(*1b)、車両Eがナンバーの変化を検出する。車両Dは、ルーティングテーブル内において前方に存在するため、ルール2-(a)に従い、車両Dと自車間の車両をルーティングテーブルから削除し、差分情報を前後に伝達する。

4.4 最後尾車両の離脱

最後尾の車両が車線変更した場合、離脱を検出できないが、最後尾は安全性を考慮しても重要でないため、自然に適正化されるまで何も行わない。適正化されるタイミングは、最後尾の車両と通信できなくなった場合および、最後尾から別の車両がグループへの参加要請を行った場合が挙げられる。

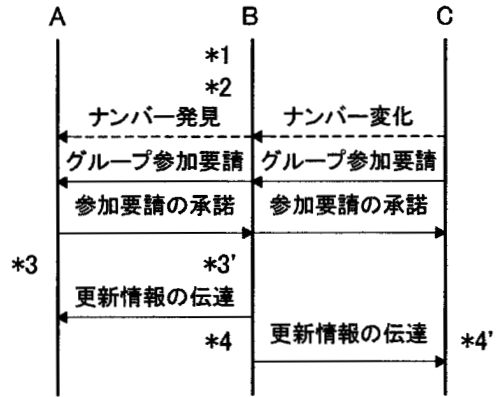


Fig. 8 第1車線での通信手順

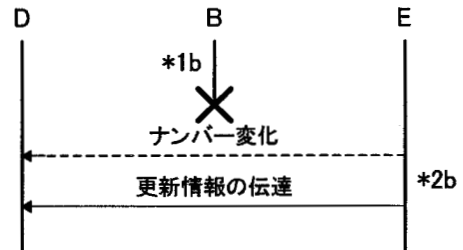


Fig. 9 第2車線での通信手順

5 考察

5.1 既存プロトコルとの比較

IEFT MANET WGでRFC化されたReactive型のAODV、Proactive型のOLSRおよび、位置ベース型において代表的なLARとの比較をTable 5に示す。なお、ここでは、ColdStartを自ノードが経路情報を全く持っておらず、ネットワークに参加する前の初期状態、HotStartをネットワークに参加中で、ルーティングテーブルを保持している状態と定義する。

5.1.1 通信開始時の遅延

Reactive型に分類されるAODVとLARは、通信開始時に宛先ノードまでの経路を確保する必要があるため、経路が確立されるまでの遅延が大きくなりがちである。逆に、Proactive型のOLSRおよび、提案方式では、最新の経路情報を維持するため、通信開始時の遅延が小さい。

Table 5 既存プロトコルとの比較

	AODV	OLSR	LAR	提案方式
通信開始時の遅延	通信開始前に経路探索するため、大きい	最新経路情報を保持するため、小さい	通信開始前に経路探索するため、大きい	最新経路情報を保持するため、小さい
制御メッセージの種類	RREQ, RREP, REER, REP-ACK	HELLO, TopologyControl, MID, HNA	RREQ, RREP, REER, REP-ACK	参加要請, 分離要請, テーブル情報の更新, 要請の承諾
制御メッセージのヘッダサイズ	中間ノードが経路表を保持するため一定	一定サイズの制御メッセージを送受信	中間ノードを記録するため、距離に比例	参加要請は、ノード数に比例。他は一定
制御メッセージの送信頻度	通信開始時の経路探索と定期的にRREPを送信	定期的にHELLOを送信	通信開始時の経路探索（方向限定）のみ	ノードの相対位置が変化したときのみ
ColdStart 時の通信	近隣ノードの探索	MPR 集合とトポロジ決定	近隣ノードの探索	なし
HotStart 時の通信	定期的に RREP を送信	定期的に HELLO を送信	なし	なし

5.1.2 制御メッセージの種類

既存プロトコル3種類と提案方式ではトポロジを管理する制御メッセージの種類が同等の数となる。

5.1.3 制御メッセージのヘッダサイズ

AODV は、一度確立した経路を中間ノードが保持しているため、制御メッセージの中に経路表を組み込む必要が無く、ヘッダサイズは一定となる。OLSR は、各ノードが自身の状態情報を送信し、特定ノードが経路を制御するため、ヘッダサイズは一定である。LAR は、経路探索時に制御メッセージに経路表を記録するため、中間ノード数に比例して、ヘッダサイズが増加する。提案方式は、グループへの参加処理を行う場合に限り、テーブル情報を交換するため、グループ内のノード数に比例してヘッダサイズが増加する。

5.1.4 制御メッセージの送信頻度

AODV は、主に通信開始時の経路探索に制御メッセージを送信する。また、RREP を定期的に送信し、近隣ノードの生存確認を行う。LAR も同様に、通信開始時に経路探索を行うが、位置情報に基づいて探索する方向を限定するため、AODV と比較して、ネットワーク全体では制御メッセージの送信頻度は少なくなる。OLSR は、定期的に HELLO を送信する。提案方式では、ノードの相対位置が変化したときのみ、制御メッセージを送信する。

5.1.5 ColdStart 時の通信

AODV と LAR は、近隣ノードの探索を行い、OLSR は MPR 集合とトポロジの決定を行う。提案方式は、他ノードを発見しない限り、通信しない。

5.1.6 HotStart 時の通信

AODV と OLSR は、定期的に HELLO を送信する。LAR は、経路探索の要求があるまで、通信しない。提案方式は、トポロジに変化が生じない限り、制御メッセージを送信しない。

5.2 関連研究

車々間通信における接続安定性の向上や、制御メッセージの通信量の低減を特徴としたルーティングプロトコルとして、富沢ら⁷⁾の SLR (Same Lane-Based Routing) と春名ら⁸⁾の車両密度変化に着目したプロトコルが挙げられる。

まず、SLR では、AODV をベースに、同一車線を走行する車両は自車両に近い速度で走行し、他車線の車両に比べて、自車両との距離の変化が少ないという理論に基づき、同一車線の車両をホップするルートを優先的に選択する機能を追加することで、接続安定性の確保と無駄な制御メッセージを抑えている。しかし、経路を中継する車両が車線変更を行っても、同一経路を維持し続けるため、通信が途絶した場合に、再度経路を探索する必要があり、通信を再開できるまでの遅延が大きくなってしまう。本研究の提案方式では、トポロジの変化を検出すると同時に、グループ内の各車両が、差分

情報でルーティングテーブルを更新するため、通信再開までの遅延が小さい。

次に、車両密度変化に着目したプロトコルでは、DSR をベースに、赤信号で停車する前の周辺車両の位置関係と、青信号で発車した後の周辺車両の位置関係が、ほぼ同一であるという前提に基づき、密度が高い停車中および減速時には経路を短縮し、密度が低い走行中は、同一経路を維持する手法を採ることで、経路の変更頻度を減らすとともに、制御メッセージを削減している。しかし、交差点での車両の入れ替わりや、車線ごとの走行速度の違いを考慮していないため、接続安定性の確保が困難であると考えられる。また、DSR がベースのプロトコルのため、制御メッセージのヘッダサイズが中継ノードの数に比例するとともに、通信開始までの遅延が AODV よりも大きくなる。本研究の提案方式では、同一車線内での通信を前提としているため、接続安定性が高く、トポロジの変化は差分情報で伝達し、ルーティングテーブルをグループ内の車両で共有するため、制御メッセージのヘッダサイズを抑えられる。

5.3 問題点

隊列走行等のアプリケーションに適応した場合、ネットワークに対応した車両が物理的に連続する環境において、本研究の提案方式では、同一車線内でネットワークグループを形成する仕様としている。そのため、非ネットワーク車両の存在比率が高い場合、断片的にしかネットワークグループを形成できず、通信範囲が限定される可能性がある。

また、提案方式では、接続安定性を重視しているため、マルチホップ通信において、1台ずつホップする仕様としており、車両の密度が高い場合には、通信効率が低下する可能性がある。

6 まとめと今後の課題

本稿では、車両同士の密な連携が必須となるアプリケーションをターゲットに、車線・位置情報を利用した車々間通信向けアドホックネットワーク構築手法について提案を行った。

今後は、評価実験を行い、提案方式の性能を詳細に調査すると同時に、同一車線以外の車両を迂回して経路を確立する手法の考案や、ホップ数の低減による通信効率の向上を図るべく、プロトコルの改良および拡張を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 浮穴 浩二: 日米欧の ITS 最新動向, 電子情報通信学会技術研究報告 MoMuC, Vol.101, No.462, pp.1-6, 2001.
- 2) 佐合 弘行, 篠原 昌子, 原 隆浩, 西尾 章治郎: 車車間通信を用いた情報共有のためのデータ配布に関する一考察, 日本データベース学会論文誌, Vol.5, No.2, pp.41-44, 2006.
- 3) 藤井 治樹, 平尾 良和: 赤外線による車々間通信, 電子情報通信学会技術研究報告 SANE, 宇宙・航行エレクトロニクス, Vol.96, No.276, pp.9-13, 1996.
- 4) 中川 正雄: 可視光通信と ITS, 電子情報通信学会技術研究報告 ITS, Vol.106, No.181, pp.25-30, 2006.
- 5) 間瀬 憲一: 車々間通信とアドホックネットワーク, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J89-B, No.6, pp.824-835, 2006.
- 6) 醍醐 英治, 高橋 寿平: 移動体用高精度位置標定システムに関する調査研究, JARI Research Journal, Vol.26, No.9, pp.529-532, 2004.
- 7) 富沢 信太郎, 田代 裕和, 富永 英義: 車車間通信における位置情報によるルーチングプロトコルの一提案, 情報処理学会研究報告 ITS, Vol.2006, No.120, pp.225-228, 2006.
- 8) 春名 恒臣, 成田 干城, 重野 寛: 車両密度変化に対応した車車間ルーチングプロトコルの提案, 情報処理学会第 68 回全国大会, 第 3 分冊, pp.379-380, 2006.