

車車間通信における車両位置関係によるルーチングプロトコルの一提案

富澤 信太郎[†], 田代 裕和^{††}, 富永 英義^{††},

[†] 早稲田大学理工学部 ^{††} 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

あらまし アドホックネットワークの中でも車車間通信は、ノードの移動速度が速くトポロジの変化が大きいため、ルート変更頻度の少ない安定したルートの生成が求められ、さらに車両数の増加した場合は、ブロードキャスト送信のフラッディングによりチャネル負荷が増えるという問題がある。この問題を解決するために本稿では、車車間通信における、パケット送信車両が指定した範囲にいる、同じ車線の車両を優先的に中継するルーチングプロトコル (SLR) を提案する。パケットを受信した車両全てが中継処理を行うのではなく、中継車両を制限することによりネットワーク負荷を減らすことを目的とした。

Same Lane-Based Routing (SLR) for Vehicle Ad-Hoc Network

Shintaro TOMIZAWA[†] Hirokazu TASHIRO^{††} Hideyoshi TOMINAGA^{††}

[†] Department of Science and Engineering, Waseda University

^{††} Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University, Japan

Abstract In Inter-vehicle communication, the channel load is the problem when nodes increase, because of broadcast-storm. In this paper, we propose Same Lane based Routing, (SLR) to reduce the channel load, that chooses the nodes at the same lane and in specified range as the relay.

1 はじめに

近年、高度道路交通システム (ITS) が世の中に広まってきた。カーナビに使われている VICS や自動料金収受システム ETC などは既に実用化された代表的な技術である。そして現在は、各車両がお互いに必要な情報を伝達する情報通信システム、車車間通信が考えられている。この車車間通信により、画像伝送やストリーミング動画による車両同士のコミュニケーションなどが実現可能となる。車両を無線通信技術でマルチホップする経路を構築して通信を行うことより送信元車両の通信範囲より外に位置する相手車両とも通信することが可能となる。しかし、携帯電話のように基地局を介した通信とは異なり、端末は高速に移動し、さらにトポロジの変化が常に起こるため、車車間通信特有の問題が起こる。

例えば、パケットを受信した中継車両がすべてブロードキャストによりマルチホップを行った場合、ネット

ワーク上に送信されるパケットの急激な増加により大きな負荷がかかる。車両数が増加する時はさらに大きな負荷がかかってしまう。つまり、中継車両の選択方法がルーチングプロトコルでの最も大きな問題である。

本稿では、同じ車線を走行し、なおかつパケット送信車両が指定した距離にいる車両を優先的にマルチホップすることによりルートを構築する SLR (Same Lane based Routing) を提案する。同じ車線を走行している車両は自車両と同じような速度変化をし、車間距離の変化が少ないため、ルートの変更頻度が抑えられる。1 ホップの距離を指定することで、車両密度が高い状態においてもホップ数を抑え、ブロードキャストストームなどの問題を抑制し、また、安定したルートの生成につながる。

2 従来手法

2.1 AODV

AODV¹⁾とは Reactive 型のルーティングプロトコルであるため、データを送受信しようとしてから初めて経路探索が開始される。制御メッセージとして、RREQ(Route Request), RREP(Route Reply), RERR(Route Error), RREP-ACK(Route Reply Acknowledgement)の4種類のメッセージを使用する。各ノードが経路表を持ち、その経路表が次にどこに送ればよいかという情報を保持している。新しい送信宛への経路が必要になったとき、その経路を見つけるために、RREQがネットワークへブロードキャストされる。周辺ノードから順にホップを繰り返す、やがて目的の送信宛へRREQが届くと、送信宛はRREPを送信元へ向けてユニキャストで送り返す。このやり取りによって、中間に位置するノードの経路表には、送信元と送信宛への双方向の経路が生成されるため、それ以降はその経路表を使ってデータの送受信が可能となる。しかしこれでは経路をまだ知らないノードが通信を始めようとするたびに、ネットワーク中にRREQがブロードキャストされてしまう。そこでAODVでは、もし中間ノードが新しい経路を保持していれば、送信宛の代わりにRREPを返す。この処理によって無駄なメッセージのブロードキャストをある程度抑制することが可能になる。

通常、経路表の各送信宛に対するエントリー(各送信宛に対するさまざまな情報の集まり)として、送信宛IPアドレス、ホップ数、次ホップ、有効期間がある。しかしAODVではそれらに加えて、送信宛シーケンス番号や、そのシーケンス番号の有効性が含まれている。特にマルチホップ無線ネットワークでは、ノードの移動が激しくなると実際のノードの位置関係を追従しようとフラッディングすることによりトラヒックが急激に増加する。AODVはエントリーにある情報を駆使して、トラヒックを抑制するという特徴がある。

さらに経路表の各エントリーには precursor リストも含まれている。このリストは自分の周辺のノードのIPアドレスの一部分から構成されており、ノードの移動や電波的な問題、電源OFFなどで経路が切断され、RERRを送信する時に利用される。AODVで管理されている経路表の各エントリーは、その経路が頻繁に利用されていると「アクティブ」状態になる。しかし利用されなくなり一定時間が経過すると無効状態となる。これは完全に経路が削除された状態ではなく、後からその経路を探索するときに再び経路情報が有効に利用される。さらに無効状態のまま一定時間が経つ

Packet Type
Hop Count
Broadcast ID
Dst IP Address
Dst Sequence NO.
Src IP Address
Src Sequence NO.
Time Stamp
Previous Car ID
Previous Car Position
Distance Range

図1: SLRにおけるRREQの情報要素

と、そのエントリーは完全に経路表から削除される。

AODVはルート作成時において、RREQのブロードキャストを行う。RREQを転送する時もブロードキャストで行うため、通信を行うノードの数が多い状況において、RREQの衝突などによりロスが発生し、ルートの生成率が低下する恐れがある。また、前後関係の変化が頻繁に起こる車車間通信の場合、近隣ノードをルートの一部として選択するため、ノードの位置関係が変化し、ルートが大きく変形してしまうという問題が挙げられる。

AODVプロトコルは、基本的にはRREQをフラッディングすることにより送信宛に届け、送信宛がRREPにて返答し、中間ノードは経路表を作成する。AODVはさまざまな研究者により拡張が行われているプロトコルであり、次の章ではその一部と共に、いくつか提案されてきたルーティングプロトコルの研究を紹介する。

2.2 関連研究

今までに車車間通信のルーティングプロトコルとしてさまざまな提案がされてきた。葉氏ら²⁾は、送信宛が前後のどちらに在るかという情報を付加したパケットを送ることによって、無駄なパケットを減らすAODVを改良したルーティングプロトコルを提案した。しかし、車両密度が高い場合、生成されるルートが多くなるためネットワークの負荷が増加してしまう。新宮ら³⁾は、各ノードがビーコンにより周辺車両の位置情報を交換し、送信宛の方向だけパケットを送信することによる

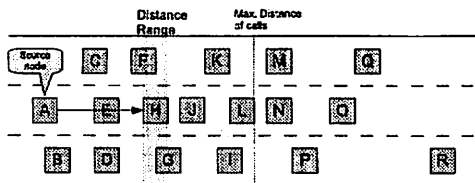


図 2: Distance Range の例

ルート構築の提案をしているが、定期的なビーコンの送信によりネットワークを圧迫するという問題がある。

3 提案手法:SLR

本提案では、各ノードはルーチングテーブルを保持しており、データ送信時、ルーチングテーブルに送信宛へのルートがない場合、もしくはルートは存在するが期限切れなどの理由により無効の場合、RREQをブロードキャストする。この際にGPSなどにより得た自車両の位置情報と走行車線を記録する。RREQを受信した車両は自分の位置情報と車線をRREQの情報と比べることにより、パケット送信車両との車線を含む位置関係を把握することができる。

ルート構築に関わるRREQに含まれる情報要素を図1に示す。同図における下から3つの項目以外はAODVなどで使用されている一般的な情報要素である。本稿では、AODVの拡張機能としてSLRを組み込み性能評価を行う。Previous Car IDはパケット送信車両のID、Previous Car Positionはパケット送信車両の車線を含んだ位置情報、Distance Rangeはパケット送信車両が指定した距離範囲、をそれぞれ示す。Distance Rangeは中継車両を決定する上で重要な役割を果たす。図2にDistance Rangeの例を示す。パケット送信車両からのRREQ送信時、パケットの通信可能範囲の限界の距離を走行している車両(図2における車両L)を中継車両として選択する場合、その中継車両が通信可能範囲から外れる可能性が高く通信不可となることが頻繁に起き、安定したルートが構築できないと考えられる。そこでパケット送信車両がDistance Rangeを設定(図2においては通信可能範囲の2分の1)することにより、安定性の高い中継車両(図2における車両H)の選択が可能となる。

RREQを受信した車両における処理を図3に示す。RREQを受信した車両はまず、自車両が送信宛かどうかを確認する。自車両が送信宛である場合はRREPを返す。自車両が送信宛でない場合は、パケット送信車両との位置関係を確認する。そして自車両がパケッ

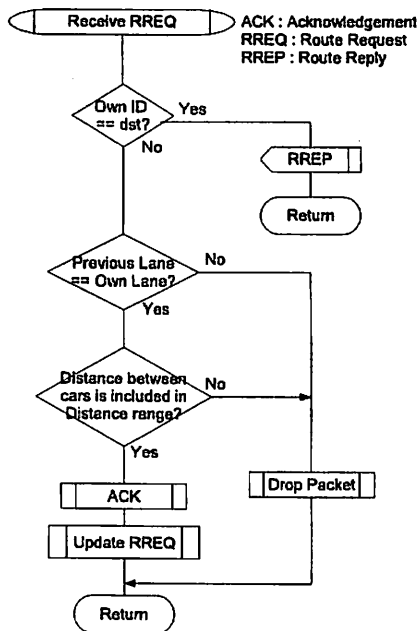


図 3: RREQ を受信した車両における処理

ト送信車両と同じ車線を走行中で、かつ自車両の位置がDistance rangeにあるかどうかを判別する。両方の条件を満たす場合は中継処理を行い、そうでない場合はRREQを破棄する。同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自車両との距離の変化が少ないため、同車線の車両をホップするルートの方が安定する。ゆえに同車線を走行する車両を優先的に中継車両として選択する。

中継処理において、RREQを受信した車両はパケット送信車両に向けて、自分のIDを追加したACKを返す。さらにRREQを更新しブロードキャストする。この動作を繰り返すことにより、送信宛にRREQが到達する。

次に図4に、RREQを送信する車両における処理を示す。RREQを送信した車両は一定時間ACKの返答を待ち、ACKの返答がある場合はルーチングテーブルを更新し、相手からのRREPを待つ。ACKの返答がない場合は、Distance Rangeを変更してRREQを再送する。

AODVと同様、送信元がRREPを受信することによりルートの生成が完了する。図5を例に取ると、送信元の車両Aより、車両H、車両HからDistance Range

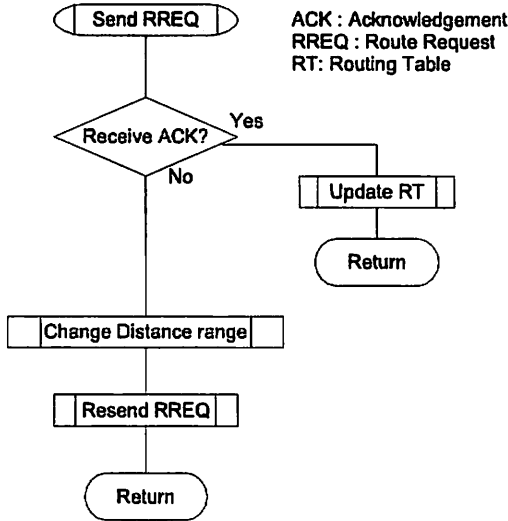


図 4: RREQ を送信する車両における処理

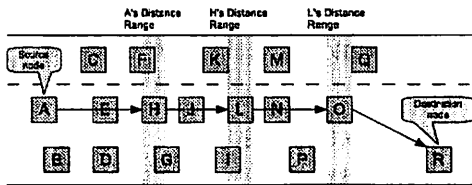


図 5: 道路走行モデル 1

にあり同一車線の車両 L, 車両 L から Distance Range にあり同一車線の車両 O, と中継して送信宛である車両 R へのルートが生成される。ルート生成後に中継車両や送信宛が車線変更をした場合, 前後のホップ車両の ID を把握しているため, 中継車両が通信範囲内を走行中であれば, 中継車両を変更せずに通信を行うことが可能である。図 6 を例にとると, 図 6 は図 5 における車両 H と車両 O がそれぞれ車線変更を行った場合を表している。図 6 おいて, 中継車両は通信範囲内を走行しているため, 図 5 と同じ中継車両をホップすることにより通信を行っている。一度生成したルートの通信が途切れた場合, RREQ を送信し, 新しいルートを作り直す。

今回は車両密度が高い場合を想定して, チャネル負荷の削減を目的としたルーティングプロトコルの提案を行った。もし万が一, 高い車両密度にもかかわらず同車線に車両がない場合, 他車線の車両を中継車両と

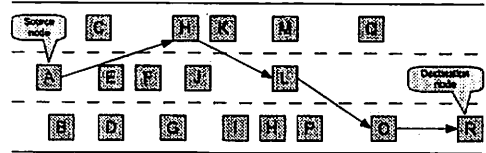


図 6: 道路走行モデル 2

して選択し, ルート生成を行う。

4 まとめ

車車間通信では車両密度が高い場合, ルート生成時における制御パケットのフラッディングにより, チャネル負荷が問題とされる。それを解決すべく今回は, 同車線を走行し, なおかつパケット送信車両が指定した距離にいる車両を優先的にマルチホップすることによりルートを構築する SLR を提案した。

参考文献

- 1) “Mobile Ad-hoc Networks Charter,” <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- 2) 葉雄志, 谷口健太郎, 河野隆二, “AODV を基にした車車間通信ネットワークにおけるルーティングプロトコルに関する一検討” 信学技法 IEICE Technical Report ITS2006-5.
- 3) 新宮誠久, 増淵友裕, 上原秀幸, 横山光雄, “車車間マルチホップ無線ネットワークにおける方向指定ルーティング,” 電子情報通信学会論文誌 A Vol. J88-A No.2 pp.175-185, 2005.