

# 車車間通信における効率的なジオキャスト伝送方式の検討

## A Study of Effective Geocast Communication Protocol in a Vehicular Ad-hoc Network

山田 達也 † 光川 真由 † 島田 秀輝 † 佐藤 健哉 ‡  
Tatsuya Yamada Mayu Mitsukawa Hideki Shimada Kenya Sato

### 1 はじめに

近年、道路交通における車両の増加に伴い、高度道路交通システム (ITS: Intelligent Transport Systems) の研究が推進されている。ITS の研究分野の1つとして車車間通信をアドホックネットワークで接続して通信を行う車車間通信がある。車車間通信では情報提供・運転支援・事故回避・サービスの提供などのアプリケーションが考えられておられ、それらのシステムをシミュレーションによって有用性を示し、実現することが目的である。車車間通信には移動車両の位置や状況に対し、必要に応じた情報の取得や伝達が可能、任意の場所で通信が可能、複数の車両情報を収集することで車載センシングシステムを拡張可能というような特徴がある。

また、GPS の普及により位置情報を用いてデータ伝送を行うジオキャスト [1] を用いた通信に関する取り組みが注目を浴びている。ジオキャストとはフラッディング型に分類される伝送方式である。この伝送方式は欧州のプロジェクトで利用されている (PReVENT など)。ジオキャストではデータを伝送する際、位置情報を利用してデータ伝送を行う伝送方式である。また、特定の地域にデータ配信可能であるため、渋滞情報・地震や津波等の災害情報の配信に利用される。

VANET のプロトコルを車車間通信に適応した場合、アドレスベースルーティング型では伝送に車両 ID 情報を取得する必要があるため伝送経路の探索や経路表の維持に通信が必要となり、ネットワーク帯域を消費する。

フラッディング型では車両密度が高い環境では伝送効率が悪く通信が混雑するためパケットドロップが発生するという問題がある。

そのため、既存の通信プロトコルでは車両が高密度で存在し、通信量が多くなってしまいう環境ではスループットの低下、パケットドロップの発生が問題となる。

本研究では通信におけるデータの欠落の軽減と通信性能の維持を目的とし、車車間通信において効率的なジオキャスト伝送を用いてネットワークへの負荷を低減した伝送方式を検討する。また、提案方式と既存の伝送方式をシミュレーションによって比較、評価する。

### 2 VANET の既存経路制御方式

#### 2.1 アドレスベースルーティング型

アドレスベースルーティングでは車両固有の ID 情報を用いてルーティングによって end-to-end で通信する。アドレスベースルーティング型には Reactive 型, Proactive 型の2種類が存在する。

#### 1. Reactive 型

Reactive 型のプロトコルでは通信が行われていない間は経路表を保持せず、実際に通信要求が発生した時点で通信を行う相手への経路情報を検索して通信を行う。通信ごとに経路表を作成することから経路表が頻繁に変更される通信に適している。しかし、複数車両にデータを伝送する場合に複数の伝送が必要になる。その時、ネットワーク全体の経路表を管理していないことから通信要求後に複数経路を確立してから通信を開始しなければならないという問題がある。

代表的なプロトコルに DSR[2], AODV[3] がある。

#### 2. Proactive 型

Proactive 型のプロトコルでは通信要求が発生する以前からあらかじめ経路表を作成しておく。そのため、通信要求発生と同時に通信を開始することができる。しかし、経路表を維持するためには常にパケットを送出して周辺車両の存在を確認する必要があるため無駄な通信が多くなる。そのため、通信におけるパケットドロップが増加するという問題がある。

代表的なプロトコルに OLSR[4], TBRPF[5] がある。

#### 2.2 フラッディング型

ピュアフラッディングでは1ホップでのブロードキャストをベースにしてネットワーク内で到達可能な全車両にデータを伝送する。データを受信した車両はそのデータを中継して伝送する。フラッディングは簡単なメカニズムであるため制御が容易であり、経路管理が不必要なことからデータパケット以外の情報を送信しない。しかし、データが必要ない車両にも伝送するためネットワークの帯域資源の利用効率が悪く、通信のオーバーヘッドが大きくなりスケラビリティに欠けるという問題点がある。また、パケットドロップの発生にも繋がる。

### 3 提案方式

#### 3.1 提案方式の概要

提案方式では VANET とジオキャストの併用によりデータの伝送を行う。一般的なアドホックネットワークではデータを伝送する場合、車両の ID をベースにして通信を行っている。しかし、車車間通信のように車両が自由に参加し動的にトポロジが変化する環境ではデータを送信する宛先を ID とした場合、宛先の車両の探索が必要となる。また、宛先の車両が存在するかどうか不明である。

そこで、ジオキャストによる位置情報を利用してデータ送信先を決定する伝送方式を用いる。位置情報を利用して宛先を決定することで宛先の車両 ID を探索する必

† 同志社大学 理工学部 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 情報工学専攻

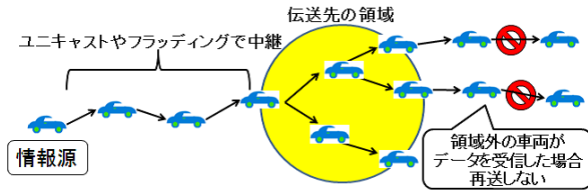


図1 ジオキャストの動作

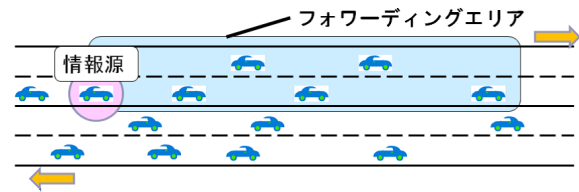


図2 フォワーディングエリアの設定

要がなくなるため、事前に伝送先領域の車両 ID を知らなくても伝送可能となる。更に各車両は伝送先領域までの中継を行うのみでよいため、アドレスベースルーティング型における経路制御、フラッディング型におけるデータ伝送に伴うパケットドロップを軽減できる。

また、伝送先領域（ジオキャストエリア）と中継領域（フォワーディングエリア）を設定する。データはフォワーディングエリア内の車両が中継を行い、ジオキャストエリアまで伝送する。

### 3.2 ジオキャスト

ジオキャストとはフラッディング型に分類される伝送方式である。ジオキャストでは位置情報を利用してデータを伝送する。この時、宛先は地理的位置で指定するため伝送先領域に存在する車両 ID 情報を取得せずに伝送可能となる。

アドホックネットワークにおいて車両間で通信を行う場合、重要な要因となるのが送信先車両 ID と伝送経路である。その為、送信先車両にデータを伝送する際、位置情報を利用する手法は有効である。ジオキャストを用いることで指定した特定の領域に存在する車両にデータを送信することが可能となる。

また、マルチキャストはパケットヘッダに宛先車両 ID を格納するが、ジオキャストでは GPS を用いて取得する自車両の位置情報と宛先領域情報を一緒に格納する。これにより宛先領域への車両にデータを伝送する。宛先の領域までの中継伝送は各車両が行う。

図1にジオキャストの動作を示す。

### 3.3 対象アプリケーション

本研究では交通情報や車両向けサービス提供などの情報配信をターゲットとする。交通量が多く、ネットワークが混雑しやすい環境でもパケットドロップが少ない伝送・配信が可能である通信方式が必要となる。

具体的には渋滞・周辺路面情報の提供、災害情報の提供などのアプリケーションが想定される。こういったアプリケーションでは局地性の高い情報を扱うため、特定領域のみの伝達が有効である。また、リアルタイムな情報が必要な領域は伝送先領域付近であることから中継領域では情報の配信は行わない。（中継領域は電光掲示板などで情報を得ることが可能）

本研究において現段階では実装していないが、伝送先領域まで情報が伝達できない場合を考慮して路側機の利用を検討している。中継時に車両だけでなく路側機も利用することで道路が無い場所での中継や中継領域の拡大が可能となる。

### 3.4 必要条件

提案方式を車車間通信に適応するために必要な条件を以下に示す。

#### 1. 現在地情報

各車両は GPS により自車の位置情報を取得可能

#### 2. 道路情報

現在地情報から、デジタル地図システム上で道路における自車の位置を検出可能

#### 3. データ伝送

各車両はジオキャストによるデータ伝送が可能

### 3.5 各種エリアの設定

提案方式ではジオキャストを用いるためデータの宛先を車両ではなく位置情報で指定する。その際、宛先となる位置情報からジオキャストエリア、フォワーディングエリアを車載アプリケーションによって決定する。

#### 1. ジオキャストエリアの設定

宛先の位置座標を元に一定の領域で設定する。

#### 2. フォワーディングエリアの設定

情報源の現在地情報、道路情報から同方向の車線の範囲で設定する。道路情報は現在地情報から道路上で自車の位置を検出可能な地図システムによって取得する。また、情報源とジオキャストエリアを包含するように設定する。図2にフォワーディングエリア設定の詳細を示す。

### 3.6 中継伝送

提案方式におけるデータ伝送では以下の情報を伝送データに付加する。

#### 1. 宛先の位置情報

地理的位置で示された宛先となる座標

#### 2. 自車両の位置情報

GPS から取得した座標

#### 3. 車載アプリケーションによって設定された情報

ジオキャストエリア、フォワーディングエリアの範囲を示す情報

#### 4. TTL (Time to Live)

フラッディングの範囲を制限

提案方式の中継伝送ではまず情報源はデータのフラッディングを行う。そのデータを受信した周辺の車両はパケットの TTL が 1 であることを確認し、再フラッディングは行わない。

次に GPS から取得した位置座標とパケット内のフォワーディングエリア情報を元に自車両がフォワーディングエリアに属しているかを判断する。属していない場合、データは破棄される。属している場合、伝送先領域の情報を元に自車両の通信範囲内に存在する車両で最も伝送先領域に近い車両にデータを伝送する。この伝送を繰り返すことでジオキャストエリアまでデータの中継を行う。車両がジオキャストエリアに属していると判断された場合、フラッディングを行い伝送先領域の車両にデータを配信する。

また、自車両の通信範囲内に存在する最も伝送先領域に近い車両にデータを伝送する際、フォワーディングエ

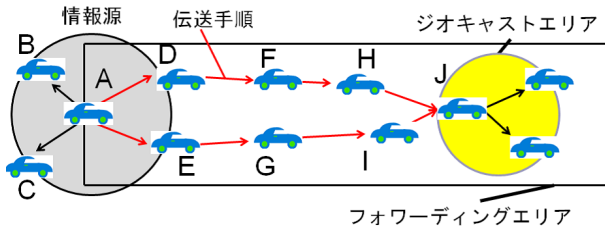


図3 提案方式の動作

リア内の車両に限定して周辺車両と hello パケットを交換しておくことで周辺車両の位置を把握する．これにより，位置関係を把握して伝送先を決定する．

フォワーディングエリア内の車両に限定して中継を行うことで，通信に伴うネットワークへの負荷を軽減する．

### 3.7 提案方式の動作

提案方式の具体的な動作を図3を用いて解説する．図3のようにフォワーディングエリア，ジオキャストエリアを設定しているものとする．なお，提案方式ではデータを伝送する際のジオキャストエリア，フォワーディングエリアの設定および宛先指定は車載アプリケーションが行うものとする．

まず，情報発信源となる車両Aは周辺車両に対して1ホップに限定したフラッディングを行い周囲の車両にデータを伝送する．伝送されたデータは車両B，車両C，車両D，車両Eで受信される．車両B，車両Cはフォワーディングエリア外に存在するため受信したデータは再送せず，破棄される．車両D，車両Eはそれぞれフォワーディングエリア内に属しているため受信したデータの再送を行う．車両Dと車両Eはそれぞれ自車両の位置座標と伝送先の位置座標を元に各通信範囲内で最も伝送先に近い車両にデータを伝送して中継を行う．図3ではそれぞれD F H J, E G I Jと中継した際の例を示している．

情報発信源からのデータをジオキャストエリア内の車両Jが受け取るとジオキャストエリア内に自車両が属しているかどうかを判断した後，ジオキャストエリア内の車両に対してフラッディングを行う．これにより，ジオキャストエリア内の全車両にデータを伝送する．

## 4 シミュレーション評価

本研究では，提案方式の性能評価に Qualnet[6]を用い，既存の通信方式であるアドレスベースルーティング型(AODV, OLSR)，フラッディングとの比較を行った．フラッディングはピュアフラッディングをベースにTTLの制限を設け，同データを複数回受信した場合には再伝送しないようにする．

シミュレーションではデータ到達性と通信安定性を検証することでネットワークの負荷を計測した．

本研究におけるシミュレーション評価で用いたシミュレーションパラメータを表1に示す．表1における空間モデルの TWO-RAY とは，通信において地面の反射波を考慮したモデルである．

### 4.1 評価モデル1

評価モデル1の概要を図4に示す．

評価モデル1では車両密度が高い交差点部において車両群がすれ違うシミュレーションを行った．車両密度が高い環境を考慮して走行速度は社団法人日本自動車工業会の ASV 検討資料を参考に 45km/h とした．(主要道路

表1 シミュレーションパラメータ

シミュレータ	Qualnet ver 5.0.1
空間モデル	TWO-RAY
ネットワークインタフェース	2.4GHZ の無線
アンテナ地上高	1.5m
MAC 層	IEEE 802.11b
パケットサイズ	512byte

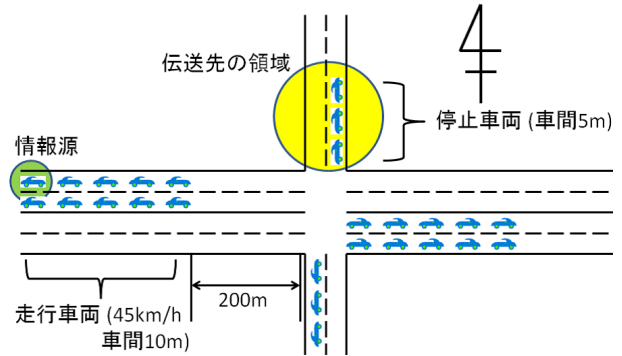


図4 評価モデル1

における速度:中，密度:大)車間距離は高密度な環境(渋滞状況)を想定して 10m とした．

シミュレーションでは片側2車線の道路(主要道路)において走行車両を20台，停止車両を6台配置した．また，走行車両は東西方向に進行する．

送信データは交通情報・個別サービス情報(広報やイベント情報)・現在地情報などを記述した短文のテキストデータと天候・交差点情報などを投影した画像データを統合したデータを想定する．テキストデータには2バイト文字(全角文字)を用いる．短文のテキストデータであることから256文字程度で記述すると想定し，データサイズを512Byteとした．画像データには車載カメラ(640×480ピクセル)を用いた．画像データサイズは640×480ピクセルで計算し，JPEG方式で圧縮して画像1枚につき92.16KBとした．

評価モデル1ではテキストデータと画像データ3枚を送信する．よって送信データの総データサイズは0.512KB+92.16KB×3=277KBとなる．

比較対象となるAODV, OLSR, フラッディングは全車両にデータ配信することで提案方式における伝送先領域内の車両に伝送する．

データ到達性を検証するためシミュレーションにおいてパケットドロップを計測し，ドロップ率(送信データに対するパケットドロップ量の割合)によって既存方式との比較を行った．

### 4.2 評価モデル2

評価モデル2の概要を図5に示す．

評価モデル2では車両密度が低い幹線道路において速度の違う車両群が並走するシミュレーションを行った．車両密度が低い環境を考慮して走行速度は社団法人日本自動車工業会の ASV 検討資料を参考に 50~60km/h とした．(幹線道路における速度:中，密度:中)車間距離は60km/h 走行時の安全な車間距離である45mとした．

シミュレーションでは片側3車線の道路(幹線道路)において走行車両を9台，停止車両を6台配置した．ま

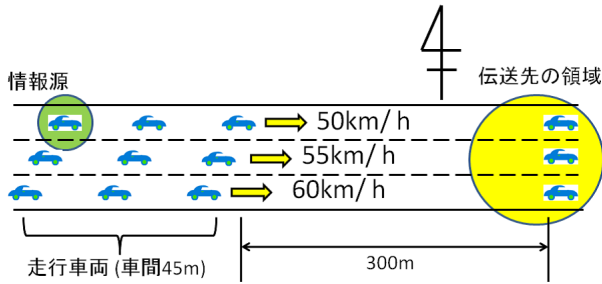


図5 評価モデル2

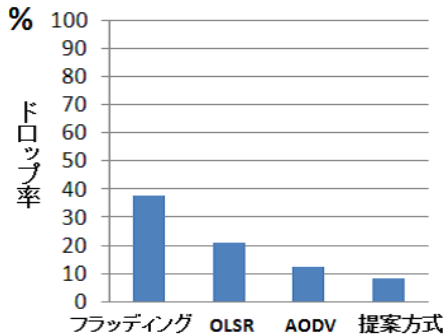


図6 評価モデル1の結果(ドロップ率)

た、走行車両は東西方向に進行する。送信データレートは車載カメラ(640 × 480ピクセル, 30fps)の映像をMPEG-4方式で圧縮して1Mbpsとした。

接続安定性を検証するためシミュレーションにおいてスループット(通信により1秒間に伝送可能なデータ量)を計測し、平均スループット(全通信時間のスループットの合計を全通信時間で割った数値)によって既存方式との比較を行った。

## 5 考察

### 5.1 評価モデル1

評価モデル1の結果を図6に示す。

車両密度が高い環境での伝送において提案方式のドロップ率が既存方式と比較して低下している。提案方式では、情報を必要とする限られた領域に存在する車両のみに伝送することで通信量を軽減している。そのためデータ衝突の発生が少ない。

フラッディングでは全車両に対してデータを伝送するため、車両密度が高い環境ではデータ衝突の多発やネットワークへの負荷が増大するといった要因からパケットドロップが多発する。

AODVでは経路表を常に維持しているわけではないため、伝送先への経路作成を送信先の対象ごとに行う必要がある。また、車両密度が高い環境では経路制御における通信が大きくなり、パケットドロップが発生する。

OLSRでは対向車両がすれ違った際に経路表が大きく変化するため経路表の対応に通信が必要となり、パケットドロップが発生する。

以上により、評価モデル1では提案方式が適している。

### 5.2 評価モデル2

評価モデル2の結果を図6に示す。

車両密度が低い環境での伝送において提案方式の平均スループットがフラッディング、OLSRと比較して向上している。提案方式では伝送先領域までの中継を複数経

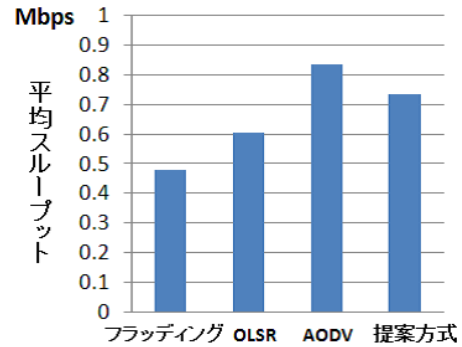


図7 評価モデル2の結果(平均スループット)

路によって行っている。その際車両密度が低く中継する車両が少ない場合、経路が重複して中継時にパケットドロップが発生するためスループットが低下している。

フラッディングでは車両密度が低い環境であるため評価モデル1の環境よりは適しているが情報の必要ない車両にもデータを伝送してしまうため非効率である。また、車両がすれ違った際にデータ衝突が発生してスループットが低下する。

AODVでは車両密度が低い環境であるため経路作成における通信を抑えることができる。また、経路上の車両のみがデータの伝送を行うため伝送効率が高い。

OLSRでは並走車両の速度が異なっているため常に経路表の変化への対応を行わなければならない。経路表の変化が発生する環境では不向きな方式であるため、スループットが低下している。

以上により、評価モデル2ではアドレスベースルーティング型ではAODV、フラッディング型では提案方式が適している。

## 6 まとめ

現在の車車間通信では一般的に通信にVANETのプロトコルを利用しているが、既存のこれらのプロトコルでは車両が高密度で存在する環境、通信量が多くなる環境ではパケットドロップの発生が問題となる。本研究ではこの問題を解決するため、車車間通信において効率的なジオキャスト伝送方式の検討を行った。提案方式により、通信が混雑する環境でのデータ伝送におけるネットワーク負荷を軽減することが可能となる。

また、シミュレーション結果から想定した評価モデルにおいて、既存の通信方式よりもデータ到達性、通信安定性の面で優位性を示した。

## 参考文献

- [1] J.C. Navas and T. Imielinski, Geocast-geographic addressing and routing, Proceedings of International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), ACM/IEEE, 1997.
- [2] David B. Johnson, David A. Maltz, Yin-Chun Hu: The Dynamic Source Routing Protocol (DSR), RFC 4725, 2007.
- [3] C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das: Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, RFC 3561, 2003.
- [4] T.Clausen, P.jacquet: Optimized Link State Routing Protocol (OLSR), RFC 3626, 2003.
- [5] R. Ogier, F. Templin, M. Lewis: Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF), RFC 3684, 2004.
- [6] Scalable Network Technologies, QualNet, <http://www.scalable-networks.com/>
- [7] 社団法人自動車工業会, ASV 検討資料抜粋, 2007. <http://www.soumu.go.jp/>