

位置情報利用プロトコル（GeoNetworking）による 車両情報配信の効率化

多田 正範¹ 松本 江里加¹ 島田 秀輝² 佐藤 健哉¹

概要：運転時における安全性，快適性の向上を目的とした高度交通システム（ITS：Intelligent Transport Systems）の研究が進められている．中でも，車両同士が相互に通信を行う車車間通信システムはインフラ設備を必要しないネットワーク形態として注目を浴び，車車間通信を利用した多数のアプリケーションが登場することが予想される．車車間通信を利用したアプリケーションの一つに，各車両の衝突防止を目的とした安全運転支援アプリケーションが挙げられる．安全運転支援アプリケーションでは周辺車両との情報（位置情報，速度など）共有が必要不可欠である．また，状況に応じて直接通信できない領域に存在する車両と通信する場合も考えられ，中継車両を効率良く選択するルーティングプロトコルが必要である．本研究では，安全運転支援アプリケーションのような緊急性の高いアプリケーションにおいても利用することを想定し，直接通信できない領域に存在する車両であっても定期的かつリアルタイムに車両情報を配信する手法を提案する．シミュレータ評価により，従来手法と比較して送受信パケット数と遅延時間の削減を確認できた．

Efficient Vehicle Information Delivery with Location Based Protocol (GeoNetworking)

MASANORI TADA¹ ERIKA MATSUMOTO¹ HIDEKI SHIMADA² KENYA SATO¹

1. はじめに

近年，ITS の分野において自動車運転時における安全性や快適性の向上を目的とした車車間通信システムの研究が活発化している．車車間通信システムでは，赤外線通信 [1] や可視光通信 [2] 等の通信手段を用いたものが挙げられるが，中でも無線通信を用いた VANET（Vehicular Ad-hoc Network）に多くの関心が向けられている．2011 年には日本においても車車間通信専用の周波数帯域が割り当てられ，今後無線通信による車車間通信システムがより一層普及していくことが予想される．

車車間通信システムの実現により，渋滞を予測し車両密度の低い経路探索を行う渋滞回避や，ドライバの運転付加を軽減する隊列走行，そして車両同士の衝突防止を目的とした安全運転支援等が期待される．これらの機能の実現に向け，VANET を用いた通信手法が数多く提案されている．

安全運転支援のような緊急性の高いアプリケーションでは，定期的かつリアルタイムに周辺車両と車両情報（位置，速度等）を通信することが求められるため，車両が高密度で存在する場合は VANET 全体のトラフィック量の増加が問題となる．また，見通しの悪い交差点などでは直接通信できない車両とも中継車両を介して通信を行わなければならないため，非効率な中継車両選択手法がトラフィック量の増加の問題となる．そこで，これらのトラフィック量の増加を抑えるべく緊急性の高いアプリケーションにも対応できる通信手法の提案が必要である．

本研究では，通信範囲外に存在する車両であっても定期的かつリアルタイムに車両情報を配信する手法を提案し，VANET 全体のトラフィック量の発生を軽減することを目的とする．

2. 車車間通信

2.1 概要

車車間通信では，VANET に関心が向けられている．

¹ 同志社大学大学院理工学研究科情報工学専攻

² 同志社大学研究開発推進機構

VANET とは、インフラ設備を必要としない、無線で接続できる端末のみで構成された自動車向けの自律型分散型ネットワークのことである。互いに通信範囲外の車両同士が通信する場合、始点の車両から終点の車両間に位置する車両がデータを中継するマルチホップ通信を行い、間接的に通信を実現する。

2.2 従来手法

2.2.1 フラディング型

フラディング型は、宛先となる車両を指定せずブロードキャストにより通信範囲内の全周辺車両へ伝送する手法である。最も代表的であるピュアフラディングでは、予め中継するホップ数を指定し、ホップ数の上限に達するまでパケットを受信した車両が周辺車両へブロードキャストを行う。仕組みは単純であるが、ホップ数を多くすると広範囲にパケットが届くため、パケット衝突が頻繁に発生するという問題がある。

2.2.2 位置情報利用型

位置情報利用型は、固有の車両 ID を用いず GPS 等から得られる位置情報を用いてルーティングを行い伝送する手法である。この手法では、予め各車両が定期的な位置情報が付加された Hello メッセージをブロードキャストすることで周辺車両との位置情報の共有を行い、それらの位置情報から中継車両選択を行い宛先車両まで伝送する。代表的な中継車両選択手法として通信範囲内の車両の中で宛先から一番近い車両を中継車両として選択する Greedy Forwarding がある。位置情報に基づいて伝送するため、広範囲にパケットが届くフラディング型を比べ VANET 全体のトラフィック量を削減できる。

3. GeoNetworking プロトコル

3.1 概要

GeoNetworking とは、車車間通信向けに欧州電気通信標準化機構 (ETSI) が提唱した位置情報利用型のルーティングプロトコルである [3]。GeoNetworking は、ネットワーク層・トランスポート層に位置し、欧州での標準化が進められている。GeoNetworking の概要図を図 1 に示す。GeoNetworking には、Beacon、Location Service、Packet Handling の 3 つの配信機能がある。Packet Handling ではさらに 5 つのパケット転送モードが定義されている。図 1 の Location Table は、3 つの配信機能から取得した車両情報を管理する。データ項目として固有の車両 ID、位置情報、速度、方向、配信時刻などが挙げられる。特に、位置情報は Location Service や GeoUnicast など活用される。

3.2 GeoNetworking ヘッダの構成

GeoNetworking ヘッダの構成を図 2 に示す。GeoNetworking ヘッダは、共通ヘッダと拡張ヘッダから構成され

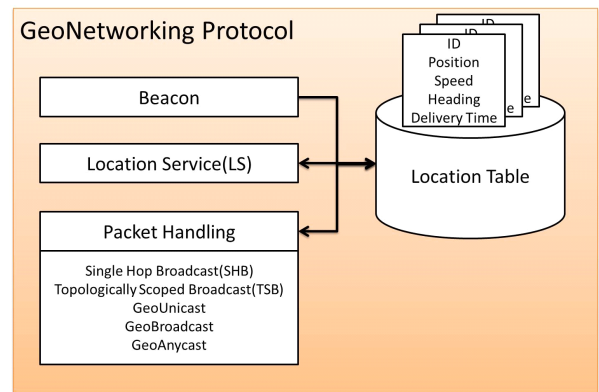


図 1 GeoNetworking の概要

GeoNetworkingヘッダ		ペイロード
共通ヘッダ	拡張ヘッダ	

図 2 GeoNetworking ヘッダの構成

る。共通ヘッダは、全ての GeoNetworking パケットの先頭に必ず付加されているヘッダである。共通ヘッダには、ヘッダタイプや最大ホップ数、送信車両の車両情報（配信時間、位置情報、速度、方向等）等の情報が付加されている。拡張ヘッダは、各伝送手法において必要な情報が付加されているヘッダである。拡張ヘッダは、各伝送手法によって付加する情報は変化するが、送信元車両の車両情報等が付加されている。

3.3 Beacon

Beacon は、1 ホップ限定でブロードキャスト配信を行う手法である。GeoNetworking では、この Beacon を定期的に配信することを想定している。Beacon は、通信範囲内の車両に向けてリアルタイムに車両情報を提供し、受信車両はそのリアルタイムな車両情報を Location Table で管理する。

3.4 Location Service (LS)

LS は、車両 ID からその車両の位置情報を探索する機能である。送信元車両は宛先車両 ID を付加した LS Request パケットを周辺車両に送信し、周辺車両は宛先車両に届くまで受信した LS Request パケットを転送していく。LS Request パケットが宛先車両に届いた場合、宛先車両は自身の位置情報を付加した LS Reply パケットを元の経路をたどって送信元車両へ応答する。

3.5 Packet Handling

Packet Handling では、以下の 5 つのパケット転送モードが定義されている。

(1) SHB (Single Hop Broadcast)

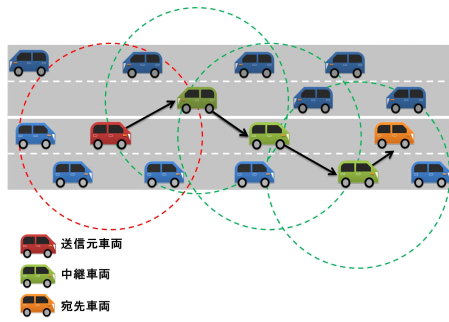


図 3 GeoUnicast

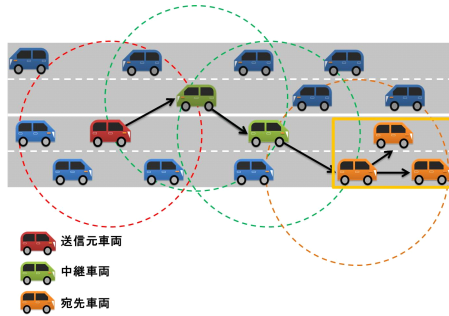


図 4 GeoBroadcast

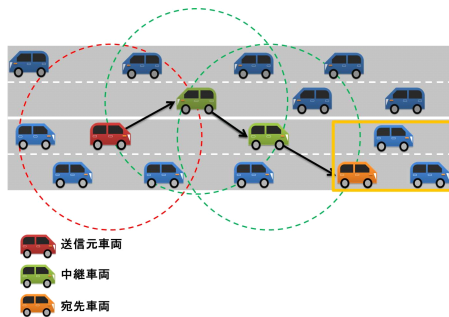


図 5 GeoAnycast

SHB は、Beacon と同様の伝送手法である。Beacon は定期的に配信を行うが、SHB は上位層から通信要求がある場合のみ配信を行う。

(2) TSB (Topologically Scoped Broadcast)

TSB は、ピュアフラッディングと同様の伝送手法である。

(3) GeoUnicast

GeoUnicast は、位置情報利用型伝送手法の一種であり、宛先として宛先車両の位置情報を指定しその車両に配信する手法である。GeoUnicast の伝送手法について図 3 に示す。この手法では、通信を開始する前に Location Service 等を利用して宛先車両の位置情報を取得しなければならない。

(4) GeoBroadcast

GeoBroadcast は、位置情報利用型伝送手法の一種であり、宛先として領域情報を指定し宛先領域内に存在する全車両に配信する手法である。GeoBroadcast の

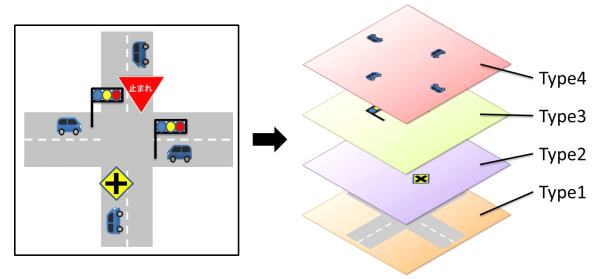


図 6 LDM の概要

表 1 各層におけるデータ内容

Type	データ内容
4	走行車両情報、緊急車両情報
3	信号情報、道路交通情報
2	道路標識、ランドマーク
1	道路地図、道路形状

伝送手法について図 4 に示す。宛先領域内にデータが届くまで GeoUnicast と同様に中継を行うが、宛先領域内の車両に届くとブロードキャスト配信に切り替わり、宛先領域内の全車両にデータが配信される。

(5) GeoAnycast

GeoAnycast は、位置情報利用型伝送手法の一種であり、宛先として領域情報を指定し宛先領域内に存在するいずれかの車両に配信する手法である。GeoAnycast の伝送手法について図 5 に示す。宛先領域内にデータが届くまで GeoUnicast と同様に中継を行うが、宛先領域内の車両のいずれか一台に届くとそこで通信を終了する。

3.6 GeoNetworking における問題点

GeoNetworking では、定期的に Beacon を配信することを前提とし、Beacon により得られた位置情報を利用してデータを配信する。この仕組みにより、直接通信ができない範囲にも配信可能であり、位置情報を利用して配信する観点で言えばフラッディング型と比べて効率的である。しかし、この配信を実現するために定期的に Beacon を配信しなければならないため、VANET 全体のトラフィック量に関して課題が残る。

4. LDM (Local Dynamic Map)

LDM[4] は、欧州で標準化が進められている道路地図情報、車両情報などを統合的に管理する機構である。LDM ではデータの更新頻度により 4 階層に分類し、TYPE1 では一番更新頻度の低いデータを、TYPE4 では一番更新頻度が高いデータを管理する。LDM は各車両に一つ搭載されることを想定している。これらのデータは、車載アプリケーション等で活用される。LDM の概要を図 6 に、各層におけるデータ内容について表 1 に示す。

5. 提案手法

5.1 概要

提案手法では、GeoNetworking で定義されている Beacon と GeoBroadcast の 2 つの配信手法を改良して用いることで、通信範囲内及び通信範囲外の車両へ効率的に車両情報を配信する。従来手法は通信範囲内の車両に向けて Beacon 配信を、通信範囲外の車両に向けては GeoBroadcast 配信を用いるが、本提案では GeoBroadcast 配信において宛先領域に車両情報を配信するだけでなく、通信範囲内の車両にも車両情報を配信することで定期的な Beacon 配信の配信回数を削減する。また、GeoNetworking おいて Location Table の代わりに LDM を用いることで、車載アプリケーション等に車両情報の提供を可能にする。

5.2 前提条件

- (1) 全ての車両は無線通信機器が搭載されている
- (2) 全ての車両は車線の判別が可能な位置測位システムが搭載されている
- (3) 全ての車両は GeoNetworking プロトコル及び LDM が実装されている

5.3 提案手法の構成

提案手法の構成を図 7 に示す。提案手法では GeoBroadcast 配信要求を行う複数のアプリケーションと GeoNetworking 層、LDM から成る。

アプリケーション層では、緊急性の高い安全運転支援アプリケーションを始めとした多くのアプリケーションが備わっている。各アプリケーションでは、必要な時間・必要な領域に向けた GeoBroadcast 配信要求を行う。特に安全運転支援アプリケーションはより短い送信間隔で GeoBroadcast 配信要求を行う。また、各アプリケーションは LDM に車両情報要求を行うことで必要に応じて車両情報の取得が可能である。

GeoNetworking 層では、主に自身による Beacon 配信とアプリケーション層から要求を受けた GeoBroadcast 配信の 2 つの配信機能を提供する。GeoBroadcast 配信では LDM に中継車両要求を行うことで、Greedy Forwarding によって選択された中継車両アドレスを取得が可能である。また、Beacon 配信及び GeoBroadcast 配信によって得た車両情報は LDM に格納する。

既存 GeoNetworking では Location Table で車両情報を管理していたが、本提案では LDM で管理を行う。LDM で車両情報を管理することにより、GeoNetworking 層による中継車両要求機能とアプリケーション層による車両情報取得機能の 2 つの機能が一つの LDM で同時に利用可能となる。

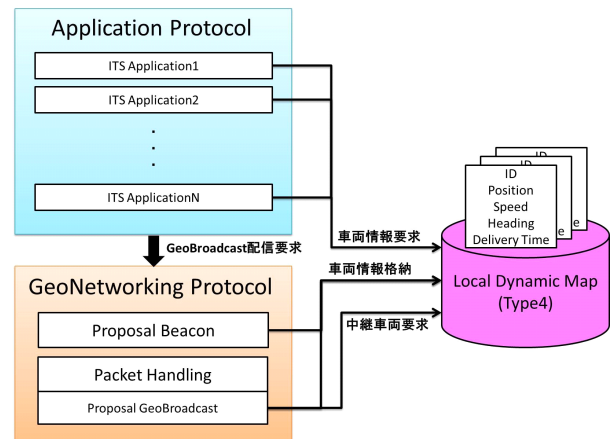


図 7 提案手法の構成

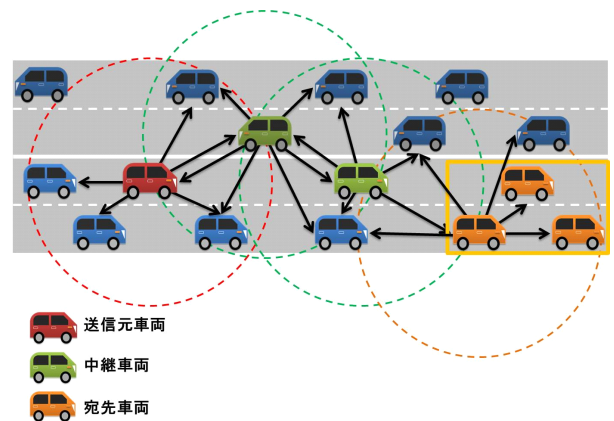


図 8 提案する GeoBroadcast 配信

5.4 提案する GeoBroadcast 配信

提案する GeoBroadcast 配信手法について図 8 に示す。既存の GeoBroadcast 配信は、LDM から得た中継車両宛に 1 対 1 のユニキャスト通信を行いながら宛先領域内まで伝送していた。提案する GeoBroadcast 配信では、通信範囲内の全車両宛にブロードキャスト通信を行いながら宛先領域内まで伝送することで、既存の GeoBroadcast 配信と比べ配信回数を増やすことなく宛先領域内及び通信範囲内の車両に車両情報を配信する。

GeoBroadcast 配信の送信処理を図 9 に示す。データ送信時、既存の GeoBroadcast 配信では次の宛先として中継車両のアドレスを指定し MAC 層へ送ることで、電波は届いているが自分宛のアドレスではないパケットは MAC 層で破棄されていた。提案手法では、Greedy Forwarding により選択した中継車両のアドレスを GeoNetworking の拡張ヘッダに追加情報として付加し、次の宛先としてブロードキャストアドレスを指定し MAC 層へ送る。この構成により、電波は届いているが自分宛のアドレスではないパケットが MAC 層で破棄されず GeoNetworking 層まで転送されるようになる。

GeoBroadcast 配信の受信処理を図 10 に示す。データ

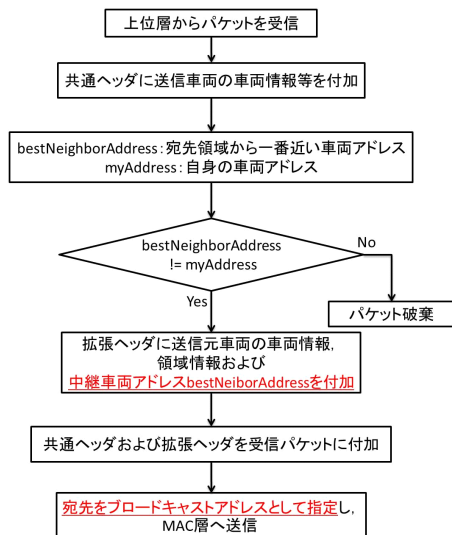


図 9 GeoBroadcast 配信における送信処理

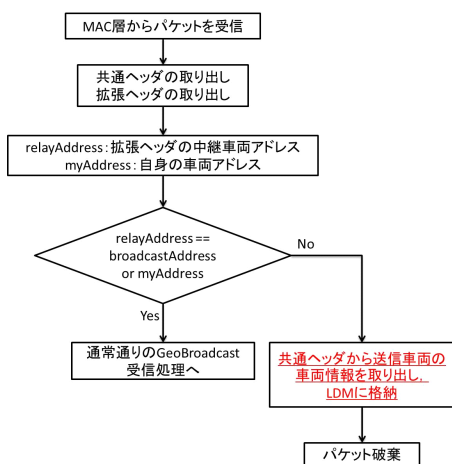


図 10 GeoBroadcast 配信における受信処理

受信時、拡張ヘッダから送信車両が選択した中継車両のアドレスを読み込み、そのアドレスが自身のアドレス又はブロードキャストアドレスであればそのまま受信処理を行い、それ以外のアドレスであれば共通ヘッダから送信車両の車両情報を取り出し、LDMに格納後破棄する。このように、既存の GeoBroadcast 配信では MAC 層で破棄されていたパケットを GeoNetworking 層まで転送し、送信車両の車両情報を格納してから破棄することでトラフィック量を増やすことなく通信範囲内の車両へ車両情報を配信することが可能である。

5.5 提案する Beacon 配信

既存の Beacon 配信では、単純に予め決められた配信間隔に従って車両情報を配信していた。提案する Beacon 配信では、提案する GeoBroadcast 配信と組み合わせることで配信回数の削減を行う。提案する GeoBroadcast 配信では、通信範囲内の車両にも車両情報を配信するため、提案する GeoBroadcast 配信を行う際は Beacon 配信を削減す

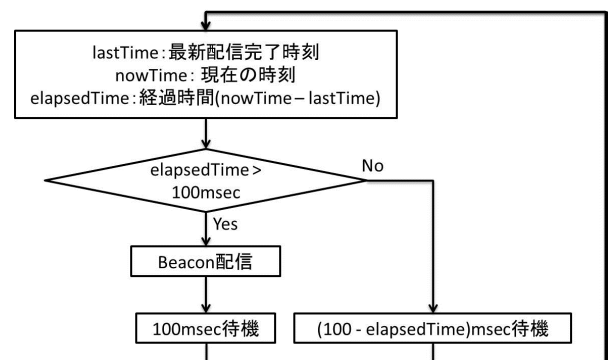
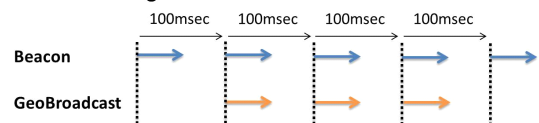


図 11 Beacon 配信における配信削減処理

既存 GeoNetworking



提案手法

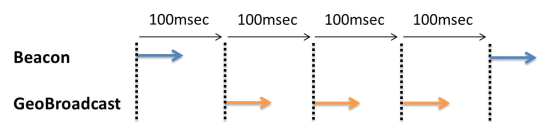


図 12 配信回数の比較

ることができる。

Beacon 配信の削減処理を図 11 に示す。提案する Beacon 配信では、まず Beacon 配信もしくは GeoBroadcast 配信を行った最新の配信時刻を取得する。次に、最新配信完了時刻から現在の時刻までの経過時間を計算する。そして、経過時間が 100msec を越えていれば Beacon 配信後 100msec 待機し、100msec を越えていなければ Beacon 配信をせず 100msec から経過時間を引いた時間分待機する。これにより、各車両は Beacon 配信又は GeoBroadcast 配信を最大 100msec の間隔で行うことができる。

配信回数の比較について図 12 に示す。既存 GeoNetworking では、Beacon 配信は GeoBroadcast 配信に関係なく 100msec の間隔で行う。提案手法では、GeoBroadcast 配信が Beacon 配信の役割も担っているため、GeoBroadcast 配信を行う場合は Beacon 配信を停止する。図 12 を例にすると、既存 GeoNetworking では Beacon 配信 5 回、GeoBroadcast 配信 3 回の合計 8 回の配信回数に対し、提案手法では Beacon 配信 2 回、GeoBroadcast 配信 3 回の合計 5 回の配信回数となる。提案手法は、GeoBroadcast 配信回数が多い分 Beacon 配信回数が削減できるため、GeoBroadcast 配信要求頻度の高い安全運転支援アプリケーション等に効果的である。

6. 評価と考察

6.1 シミュレータ

本研究では、提案手法の性能評価にシミュレータとして Scenargie[5] を用いた。Scenargie は Space-Time Engineering (STE) 社が開発したネットワークシミュレータである。様々な拡張モジュールと組み合わせることで、LTE や車車間通信、マルチエージェントシミュレーションなど多様なシミュレーションが可能である。また、近年の通信システムや評価シナリオが複雑になってきていることから、シナリオ作成の作業を大幅に低減する工夫がなされている。その例として、GUI によるシナリオ作成や地図データと通信システムのグラフィカルな情報表示、電波解析機能などが挙げられる。

6.2 評価モデル

本研究では、緊急性の高いアプリケーションにおいても対応できるかを検証するため、出会い頭衝突防止アプリケーションを想定したシミュレーションを行う。本研究では、送信パケット数、受信パケット数、遅延時間を評価の対象とする。遅延時間は、送信側のアプリケーションから受信側のアプリケーションに到達するまでの時間のことを指す。また、比較する配信手法はフラッディング、既存 GeoNetworking、提案手法である。フラッディングでは、4 ホップのピュアフラッディング配信手法、既存 GeoNetworking では Beacon と GeoBroadcast による配信手法、提案方式では、提案する Beacon と提案する GeoBroadcast による配信手法とする。図 13 にシミュレータ環境を、表 2 にシミュレーションにおけるパラメータを示す。

2 台の車両が別々の方向から時速 70km で交差点に向かって環境において、出会い頭衝突防止で求められる車車間通信距離が 174.2m と総務省の報告書 [6] に定められており、本シミュレータ環境ではその通信要件を満たすよう 200m の道路からなる交差点上で行う。車両が道路の端まで来た場合は U ターンして交差点に向かうものとする。また、本シミュレータ環境は障害物があることを想定し、交差点を経由しないと電波が届かない仕組みである。表 2 で示したモビリティモデルは、各車両がランダムに通過点を決定しその通過点を走行するように道路に沿って移動していくモデルである。車両速度は、各車両が 15m/s~20m/s をランダムに速度変更をしながら走行するものとする。モビリティモデル及び車両速度にランダム要素を加えることで実際の車両走行環境に近いものを再現するためである。フラッディングにおける出会い頭衝突防止アプリケーションでは、各車両が 100msec 間隔で 4 ホップのフラッディングを行う。既存 GeoNetworking 及び提案手法における出会い頭衝突防止アプリケーションでは、図 13 に示すよう

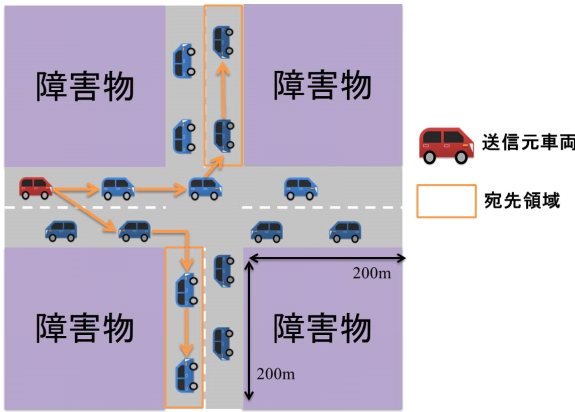


図 13 シミュレータ環境

表 2 シミュレーションパラメータ

シミュレータ	Scenargie
シミュレータ環境	交差点付近
シミュレータ時間	100s
車両台数	16 台
モビリティモデル	道路に沿ってランダムに移動
車両速度	15m/s~20m/s
アプリケーション	出会い頭衝突防止
NETWORK 層	GeoNetworking
MAC 層	IEEE 802.11p
ネットワークインターフェース	無線
使用周波数	700MHz/5.9GHz
電波出力	20dBm
アンテナ地上高	1.5m

に送信元車両が交差点に向かっていている場合は 2 か所の宛先領域に向けて GeoBroadcast 配信要求を 100msec 間隔で行う。送信元車両が交差点と反対方向に向かっていている場合は GeoBroadcast 配信要求を行わない。図 13 に示した送信元車両の動作は各車両が行う。

6.3 送信パケット数における考察

送信パケット数におけるシミュレーション結果を図 14 に示す。図 14 によると、MAC 層における送信パケット数は少ない順に提案方式、既存 GeoNetworking、フラッディングという結果であった。フラッディングは、指定ホップ数に達するまでブロードキャスト通信をし続けるため、再送回数が多い。既存 GeoNetworking では、宛先領域まで一本の伝送路で伝送するため、フラッディングと比較して再送回数が少ない。提案手法では、既存 GeoNetworking と比較して Beacon 配信回数が削減された分送信パケット数が削減された。

6.4 受信パケット数における考察

受信パケット数におけるシミュレーション結果を図 15 に示す。図 15 によると、MAC 層における受信パケット数は少ない順に提案手法、既存 GeoNetworking、フラッ

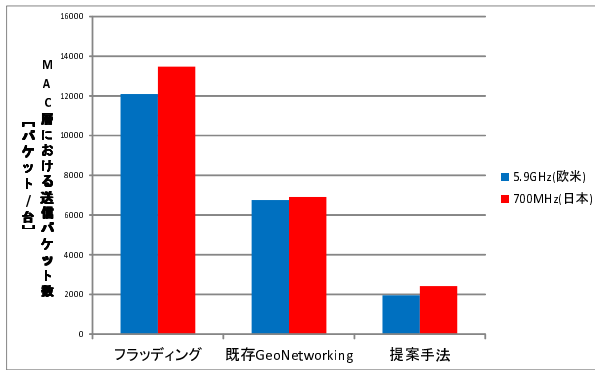


図 14 MAC 層における送信パケット数

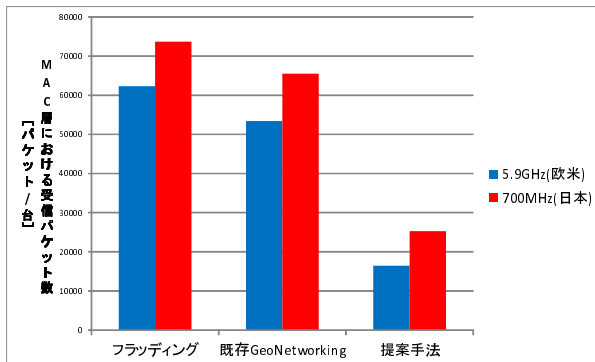


図 15 MAC 層における受信パケット数

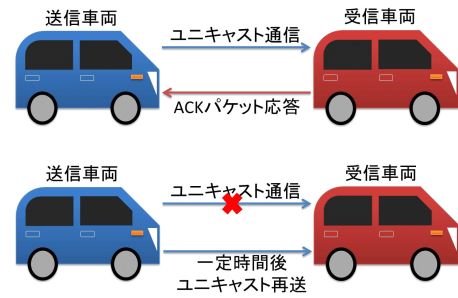


図 16 MAC 層による再送制御

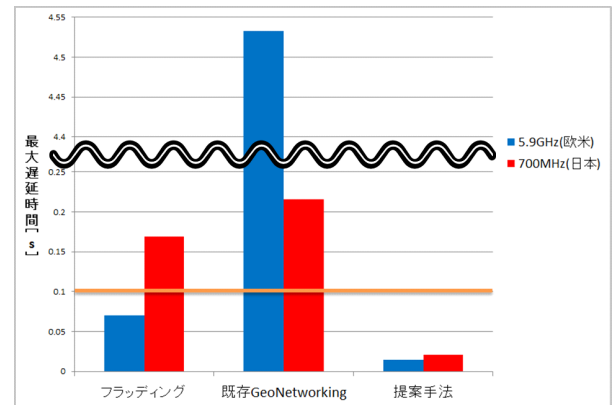


図 17 最大遅延時間

ディングという結果であった。フラッディングは、送信パケット数が多いことから受信パケット数も多い。既存 GeoNetworking では、フラッディングと比較して送信パケット数が少ないにもかかわらず、受信パケット数はほとんど変わらない結果となった。これは、MAC 層がユニキャスト通信時における再送制御を行っているためである。MAC 層による再送制御について図 16 に示す。MAC 層による再送制御では、送信車両が受信車両へユニキャスト通信を行い、受信車両にパケットが届いた場合は送信車両に ACK パケットを返答する。そして、一定時間内に受信車両から ACK パケットの返答がない場合は送信車両がパケットを再送する機能である。既存 GeoNetworking では、GeoBroadcast 配信の際にユニキャスト通信で伝送するため、再送パケットや ACK パケットを関係のない車両も受信し受信パケット数が多くなった。提案手法では、GeoBroadcast 配信の際はブロードキャスト通信で伝送するため、MAC 層による再送制御は行われない。従って、再送パケットや ACK パケットを受信しない且つ Beacon 配信回数も削減されたことから受信パケット数は少なくなった。

6.5 遅延時間における考察

遅延時間における最大値、平均値、分散値のシミュレーション結果を図 17、図 18、図 19 に示す。図 17 によると、

既存 GeoNetworking では、5.9GHz 帯において約 4 秒と大きな遅延が確認できた。また、図 18、図 19 によると平均値及び分散値は比較対象の手法の中で一番高い結果が得られた。この大きな遅延は、6.4 章で記述した GeoBroadcast 配信時の ACK パケット応答による処理負荷が大きいためである。遅延発生時、交差点内に存在する特定の車両を中継車両として選択する車両が多く存在し、その特定の車両は中継処理として次の中継車両へのパケット伝送及び ACK パケット応答を行うが負荷が大きくなり、本来定期的に行われる配信処理に遅れが生じた。5.9GHz 帯では電波の回折はしないため、交差点内の車両が集中的に中継車両として選択されやすい環境にあった。それに対し、700MHz 帯では電波の回折により 5.9GHz 帯よりも多くのエリアまで電波が届き、中継車両を選択できる幅が大きかったことから遅延は 5.9GHz 帯よりも少ない結果となった。

提案手法及びフラッディングでは ACK パケット応答は行わないため、既存 GeoNetworking と比較し負荷は小さくなり低遅延となった。中でも提案手法では、5.9GHz 帯及び 700MHz 帯において 100msec 以下の最大遅延時間となった。また、平均値や分散値についても従来手法よりも低い結果が得られた。提案手法では、フラッディングと比較して送受信パケット数が削減されたことにより、VANET 全体のトラフィック量が少ないことが低遅延の原因となった。

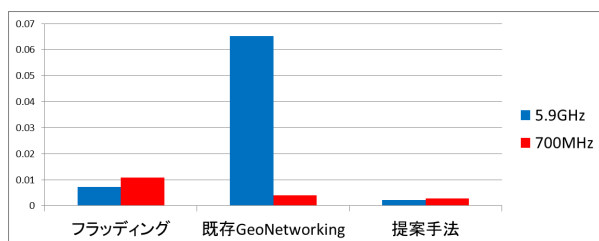


図 18 遅延時間 (平均)

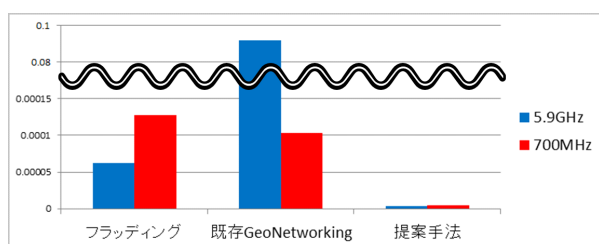


図 19 遅延時間 (分散)

7. おわりに

本研究では、VANET における従来手法について考察し、位置情報利用プロトコル GeoNetworking による車両情報配信手法を提案した。近年 VANET における様々な通信手法が考案され、中でも欧州で車車間向けに考案された位置情報利用プロトコル GeoNetworking が注目を浴びている。そのような中、GeoNetworking では定期的に Beacon を配信しなければならないことを問題点として挙げた。

そこで、提案手法では Beacon の改良、LDM の利用、GeoBroadcast の改良を行うことで問題を解決を図った。提案手法では、GeoBroadcast において宛先領域内に車両情報を配信するだけでなく、通信範囲内の車両にも車両情報を配信することで定期的な Beacon の配信回数の削減を行う。また、Location Table の代わりに LDM を用いることで、車載アプリケーション等に車両情報の提供を可能にした。

シミュレーション評価では、出会い頭衝突防止アプリケーションを想定し、交差点付近における送受信パケット数と遅延時間に関して従来手法と比較を行った。シミュレーション結果から、従来手法と比べ提案手法の方がより少ない送受信パケット数及び低遅延であることが確認できた。また、提案手法では通信範囲外の車両にもデータを配信しているにもかかわらず緊急性の高いアプリケーションを想定した環境において優位性を示した。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 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).

- [3] ETSI TS 102 636-4-1 V1.1.1, Intelligent Transport Systems (ITS), Vehicular communications, GeoNetworking, Part 4: Geographical addressing and forwarding for point-to-point and point-to-multipoint communications, Sub-part 1: Media-Independent Functionality, (2011).
- [4] ETSI TR 102 863 (V1.1.1), Intelligent Transport Systems (ITS), Vehicular Communications, Basic Set of Applications, Local Dynamic Map (LDM) Rationale for and Guidance on Standardization, (2011).
- [5] SPACE-TIME Engineering, available from <http://www.spacetime-eng.com/jp/index.html> (accessed 2014.05.16).
- [6] 総務省: 「ITS 無線システムの高度化に関する研究会」報告書, available from http://www.soumu.go.jp/main_content/000025421.pdf (accessed 2014.05.16).