

予定経路情報を用いた車車間情報配送効率の改善

中村 正人^{†1} 木谷 友哉^{†2} 孫 為 華^{†1}
柴田 直樹^{†3} 安本 慶一^{†1} 伊藤 実^{†1}

VANET (Vehicular Ad Hoc Network) では、車両の高いモビリティのために断続的にネットワークが分断されるため、遠距離の特定地点へ向けたデータを単純なマルチホップ通信で伝播することは困難である。本稿では、データの到着に即時性を要求しないアプリケーションを対象に、各車両の移動予定経路情報を利用した車車間通信ネットワーク上の効率良い情報伝搬手法を提案する。提案手法では、カーナビに設定されている経路情報と GPS による現在位置情報を車車間通信で定期的に交換し、データの宛先に近づくと予測される車両のみデータを複製することで無駄なトラフィックを減らす。シミュレーションによる実験の結果、提案手法は Epidemic Routing 等の既存手法に比べ、より少ない通信量で、高いデータ到達率を達成することを確認した。

Improving Data Delivery Efficiency in Delay Tolerant VANET with Scheduled Routes of Cars

MASATO NAKAMURA,^{†1} TOMOYA KITANI,^{†2}
WEIHUA SUN,^{†1} NAOKI SHIBATA,^{†3} KEIICHI YASUMOTO^{†1}
and MINORU ITO^{†1}

In VANET (Vehicular Ad Hoc Network), it is difficult to deliver the data to a specific faraway location due to high mobility of cars. In this paper, we propose a method for efficient data delivery in VANET using scheduled routes of cars, assuming that car drivers accept certain delay until receiving the requested data. In the proposed method, each car periodically exchanges the information on its current location and scheduled route preset in the car navigation system with neighboring cars by broadcast in the radio range. Using the exchanged information, each car replicates data in some of neighboring cars which will approach the destination location so that the total traffic amount is reduced. Through simulations, we confirmed that the proposed method achieves high delivery ratio with much less traffic amount than Geocast and Epidemic routing.

1. はじめに

近年、情報通信技術の高度化により、車車間で通信を行う研究が盛んに行われている。車車間のマルチホップ無線通信を利用する VANET (Vehicular Ad Hoc Network) では、車両が無線通信装置などを用いて近隣の他車両や路上の構造物などと直接通信を行う。そのため、VANET を使うことで、インフラに依存しない安価で多様なサービスが提供可能である。一方、車両の交通流を観測する目的で、道路脇のインフラに接続された情報発信・収集装置が都市部において導入されている。車両が走行中に取得した情報を路側の装置に収集し、他の車両が VANET を経由して装置に保存された情報にアクセスすることができれば、非常に有意義である。しかし、VANET では、ネットワークノードとなる車両の高いモビリティのために、ノード間の接続関係が頻繁に変化し、単純なマルチホップ通信や従来のモバイルアドホックネットワークの通信プロトコルでは安定した通信を行うことができず、任意の地点にメッセージを配送することは困難である。このような接続関係が不安定なネットワークにおいて、通信の即時性を必要としないデータを対象に、配信地点へのデータ到達率の向上を目標とする DTN (Disruption/Delay Tolerant Network) と呼ばれる技術が注目を集めている。

DTN では、各中継ノードは従来のネットワークのようにデータを即時的に中継送信するのではなく、周囲に中継先ノードがない場合はそのデータをストレージに保存し、周囲に中継先ノードが現れたときに改めてデータを送信する。これにより、途中分断が起こるようなネットワークにおいても宛先までのデータ伝送を可能とする。VANET において、ノードとなる車両が高い速度でデータを保持したまま移動できることや、デジタル地図を搭載したカーナビを装備しているために移動経路が高い精度で予測できるといった車両ならではの特性を利用することで、さらに効率的なメッセージ配送が可能になると考えられる。

本研究の目標は、車両が走行中に取得した交通情報や気候情報を、道路網上の複数地点に設置された情報収集・発信装置に向けて配送する際のデータ到達率を向上させることである。データ到達率を向上させる一つの方法として、フラッシングの様に近隣車両にデータを複製させていくことが挙げられる。しかし、この方法では輻輳が発生し、データのサイズや大きさによっては送信しきれない可能性がある。Geocast では周辺ノードの位置情報を取

^{†1} 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science Technology

^{†2} 静岡大学 若手グローバル研究リーダー育成拠点

Division of Global Research Leaders, Shizuoka University

^{†3} 滋賀大学 経済学部 情報管理学科

Department of Information Processing and Management, Shiga University

得して、現在位置とデータの宛先間の直線距離がより小さくなるようなノードを選択して送信する。しかし、ノードが車道上しか移動できないVANETでは、性能が悪くなる可能性がある。

本稿では、使用する通信帯域を抑えながらデータ到達率を向上させる方法として、車両のカーナビにセットされた移動予定経路情報を利用する情報伝搬手法を提案する。提案手法では、この経路情報を含んだハローメッセージを周辺車両と定期的に交換する。また、近隣車両にデータを渡す時にそれらの車両の予定経路を参照し、最も宛先に届けてくれるような車両を選択しデータを渡す。

提案手法を評価するために、豊田中央研究所が開発した交通流シミュレータNET-STREAM¹⁾とネットワークワークシミュレータを用いて、データの到達率を調べるシミュレーション実験を行った。シミュレーションには市街地を模した道路交通網1.4km×1.6kmに、10分間に462台の車両を発生させた。また各車両に宛先地点(情報収集・発信装置が置かれた地点)を付与したデータを所持させた上で、宛先地点へのデータ到達率と使用した通信量について既存手法と比較した。その結果、フラグディングしても輻輳が起きないようなデータ発生数の状況ではフラグディングと同程度のデータ到達率を維持しながら、使用通信量を約4分の1に低減できた。また、データ発生数を増やした状況においても提案手法は輻輳が発生せず、効率よく通信できることを確認できた。

2. 関連研究

車車間通信のアプリケーションとして、これまでに、歩行者位置推定による事故回避²⁾、渋滞情報の共有³⁾や空き駐車場情報配信⁴⁾等といった様々な有益なアプリケーションが提案されている。これらのアプリケーションには情報配信にかかる遅延や、情報に関連付けられた場所の精度に対して異なる条件が求められる。例えば、事故回避アプリケーションは対象となる車両に数百ミリ秒以内の精度で情報を配送するような、高い信頼性が求められる。しかし、渋滞回避や空き駐車場情報配信といった広い範囲で情報を扱う必要がある。

車をノードとするVANETと一般的なモバイルアドホックネットワークの大きな相違点として、車の高い移動性によるネットワークポロジの頻繁な変化や、道路・交差点といった物理的構造に沿った移動を行うことが挙げられる。MANETで使用されるAODV⁵⁾やDSR⁶⁾といった汎用のルーティングプロトコルは、これらの車の特性を考慮していないため、ノード群が通信範囲内で常に連結された状態ではうまく動作するが、エンドツーエンド間でノード群が断断される状況においてはデータをうまく届けることができない。

本稿で想定する広域でのデータ伝搬においては、車両密度が不均衡であり、目的地へのエンドツーエンドのパスが存在しないことが考えられる。このような環境に対し、中継先ノード

がない場合には、そのデータをストレージに保存し、中継先ノードが現れた時にデータを送信することで、配送先までデータの運搬を行うCarry and Forward⁷⁾⁸⁾と呼ばれる手法が提案されている。Carry and Forwardを用いた最も単純なルーティングプロトコルとして、VahdatらによってEpidemic Routingが提案されている⁷⁾。Epidemic Routingでは、全てのノードは感染ノードと非感染ノードに分類される。感染ノードが非感染ノードの通信範囲内に入った時、感染ノードは非感染ノードに対して、ある確率でメッセージを複製する。移動中に会う全てのノードに対してこの動作を繰り返すことで、単純なフラグディングに比べて少ないメッセージ量で輻輳を起さずに情報を届けることができる。この手法は、ノードの密度や移動性に応じた適切な感染率を決定することが困難であることが知られている。

文献8)では、Carry and Forwardを固定のルートを移動するノードに適用し、分断されたアドホックネットワーク間でデータを共有・配信することを目標としたメッセージフェリーという手法を提案している。この手法では図1のように、ノードは通常のレギュラーノードと、既知のルートに沿って移動するフェリーノードに分けられる。図のように直接通信することのできない2つのレギュラーノード間の通信は、フェリーノードにメッセージを仲介・運搬してもらうことで実現する。フェリーは宛先ノードの近くでメッセージの配布を行う。著者らの所属する研究グループでは、文献9)において、都市部の道路交通網へこ

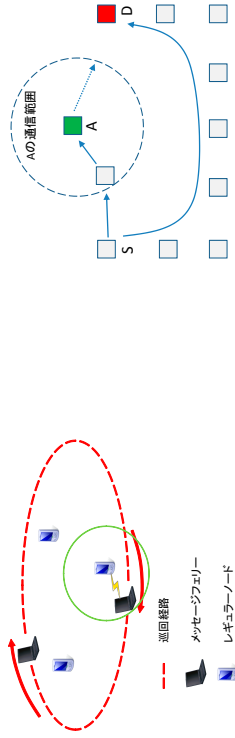


図1 メッセージフェリーの動作

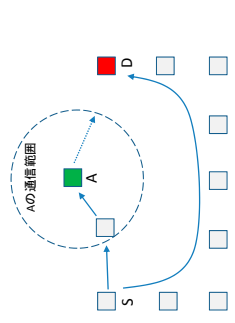


図2 Geocastによるルーティングミスの例

の手法を応用し、定期的に巡回するバスに車両が集めた渋滞情報を収集させることで、分断されたネットワークでも情報収集および情報配信を行う手法を提案した。メッセージフェリーはノード間で取得した情報を共有することを目標としており、本稿で提案するルーティング手法は、指定した位置に情報を配送するという点で異なる。

一方、地理情報を利用してルーティングを行う手法に、Geocast¹⁰⁾がある。Geocastでは、

宛先として地理的な位置を指定し、その周辺領域に存在するすべてのノードにパケットを転送することを目標とする。宛先への直線距離に応じたルーティングをするため、Geocastはノード密度が十分高い場合には有効な手法であるが、図2のように宛先地点までの直線距離上の領域のノード密度が低い場合などには、宛先へ至るパスがあるにも関わらず、宛先にパケットを送信できない場合が発生する。図2では、SからDに至るパスが存在するにも関わらず、直線距離を基にしたルーティングではAにパケットを転送してしまい、Dに直接通信することができない。

DTNの環境を対象として、SpyropoulosらはSpray and Wait¹¹⁾という手法を提案している。この手法では、転送開始時にソースノードがメッセージを複数コピーし、それを他のノードに転送する。受け取ったノードはCarry and Forwardを行うことで、目的地に届ける到達確率を高めている。コピーする数が増えるほど目的地への到達確率も高まるが、その分通信帯域を消費する。またネットワークの大きさやノード数によって、適切なメッセージのコピー数を決定するのは困難である。

上記既存研究と違い、提案手法はメッセージをコピーする基準として、車両の移動予定経路情報を利用し、それにより、トラフィック量の削減と高いデータ到達率の両方を達成する。

3. 想定環境

本章では、想定するアプリケーションモデルとその仮定を述べ、問題を定義する。

3.1 アプリケーションモデル

本研究の目標は、VANETのみを使って、遠隔車両と情報発信・収集装置の間のデータ送受信を効率良く行うことである。アプリケーションモデルとして、各車両が指定した地点に設置された情報発信・収集装置にデータを届ける問題を扱う。

3.2 対象とする車両間ネットワーク環境

3.2.1 車両に関する仮定

全ての車両は以下の機能を有するカーナビゲーションシステムを搭載していると仮定する。

IEEE802.11に準拠した通信機器

十分な容量のデータ保存用ストレージ

デジタル地図

経路案内機能

GPS

ここで経路案内機能とは、カーナビゲーションシステムに目的地を指定することで、目的地までの経路を案内してくれる機能で、各車両はこの経路の通りに走行すると仮定する。

3.3 問題設定

この節では、本研究で扱う問題の形式的な定義を与える。以下では、車両が目的地に届け

る情報をデータと呼ぶ。

[入力]

予め以下の要素が入力として与えられるとする。

地図データ：道路網を示すグラフ $G = (V, E)$ として与えられる。

— V ：交差点の集合、緯度、経度の組で表現される。

— E ：交差点間の道路。

R ：移動予定経路情報の集合、それぞれの経路情報 ($r \in R$) は E のリストで表現される。

C ：車の集合、それぞれの車 ($c \in C$) は以下の2つの情報を持つ。

— ID ：車両個別のID。

— $route$ ：移動予定経路情報 ($route \in R$)。

B ：情報発信・収集装置の集合、それぞれの情報発信・収集地点 ($b \in B$) は以下の3つの情報を持つ。

— ID ：情報発信・収集装置個別のID。

— $store$ ：届けられたデータを保存するストレージ。

— p ：情報発信・収集装置の位置 ($p \in V$)。

D ：発生するデータの集合、それぞれのデータ ($d \in D$) は以下の3つの情報を持つ。

— cid ：データを生成した車両のID。

— q ：データの宛先地点 ($q \in B$)。

— TTL ：データの生存時間。

[出力]

各車両が発信したデータを宛先に伝達するためのアクション (ある時刻におけるデータの送信または受信) の集合。

[目的]

D のデータのうち、生存時間 TTL 以内に宛先地点に届くデータ数を最大化する。

[制約]

制約条件として、以下のものがあげられる。

車両は地図の道路上しか移動しない。

車両は移動予定経路通りに移動する。

車両は経路途中でそれぞれの通信範囲内にある車両から得た情報以外は分らない。

無線通信範囲内の車両としか通信できず、チャネル数は1とする。

任意の時刻における車両間の接続関係を正確に予測できる場合、上記の問題をスケジューリング問題として解くことができる。しかし、実環境では移動する車両の接続関係をすべて知ることは難しい。そこで、本章ではこの問題を解くためのヒューリスティックアルゴリズム

表 1 ハローメッセージの例

車両 ID	経路情報	現在位置情報
12	75 → 31 → 95 → …	(5433, 2390)

表 2 ネイバーテーブルの例

車両 ID	経路情報	現在位置情報	TTL
12	75 → 31 → 95 → …	(5433, 2390)	3
27	75 → 39 → 83 → …	(5420, 2380)	1

ムを提案する。

4. 提案手法

本章では、3章で定義した問題を解くための基本方針を示し、提案する情報配送手法を詳述する。

4.1 基本方針

3章で定義した問題では、車両が複数のデータを所持している場合、全てのデータを通信範囲内の車両に送信しているのは、輻輳が発生しデータを送信しきれない可能性がある。そこで車両が利用する通信帯域を減らしつつ、データの到達率を高めるために、どの車両にどのデータを送信すべきかを選択しなければならぬ。そこで、提案手法では車両のカーナビにセットされた予定経路情報を基に、Carry and Forward を積極的に利用したルーティングアルゴリズムを提案する。提案手法は、大きく次の2つのスレッドからなる。

- 情報交換スレッド：通信範囲内にある車両と経路情報を交換する。
- 送信データ決定スレッド：予定経路情報を利用して、どの車両にどのデータを送信するかを決定する。

次節以降、各スレッドの動作を詳述する。

4.2 スレッドの動作

4.2.1 情報交換スレッド

表1のように、車両の現在位置（緯度、経度情報の組）と車両ID、経路情報（交差点IDのリスト）を含んだパケットをハローメッセージ、また表2のように、取得したハローメッセージを保存しておくメモリを、ネイバーテーブルと定義する。ネイバーテーブルには、車両ID、経路情報、その車両の現在位置情報、TTLが含まれている。情報交換スレッドでは、各車両が周期 P 秒*1ごとにハローメッセージをブロードキャストすることで、近隣車両の情報を取得する。ハローメッセージを受信した車両は、ネイバーテーブルを更新する。既にネイバーテーブルに存在していた情報は、TTLを P 秒に更新する。 P 秒の間更新されなかった情報は、ネイバーテーブルから削除する。

4.2.2 送信データ決定スレッド

送信データ決定スレッドでは、情報交換スレッドで取得した情報を基に、所持データをど

*1 車両のモビリティを考慮し、 P は3程度に設定する。

の車両に送信するかを決定する。

まず、自車両の経路情報を利用して、所持データがそれぞれの宛先装置に対してどの程度近づくかを計算する。以下では、車両が宛先装置に最も近づく距離を、**最接近距離**と定義する。ハローメッセージを受信して、ネイバーテーブルが更新された場合、所持している全てのデータそれぞれについて、以下の操作を繰り返し適用する。

Step 1. 自車両の、宛先装置への最接近距離を計算する。

Step 2. ネイバーテーブルの情報から、各隣車両の宛先装置への最接近距離を計算する。

Step 3. 自車両の最接近距離が一番小さいならば、そのままデータを保持する。自車両よりも最接近距離が小さい車両がいるならば、最も最接近距離が小さい車両にデータを送信し、そのデータを破棄する。

最接近距離は、車両の経路情報および宛先装置の位置から計算できるものとする。

例として、表3のように、自車両がデータAとBの2つを所持している状況を考える。まず、データAは、最接近距離が最小である車両は自車両であるため、送信しない。データBは、車両ID12の車両が最接近距離が最小となるので、車両ID12の車両に送信する。

5. シミュレーション実験

提案手法のデータ到達率を調べるために、交通流シミュレータにより車の移動経路を生成し、独自に作成したネットワークシミュレータを用いて提案手法の評価を行った。

車間通信の実験においては、現実的な車の挙動をシミュレートすることが必須である。そこで本実験では、豊田中央研究所が開発した交通流シミュレータ NETSTREAM¹⁾ を利用した。NETSTREAMは車両の規制速度や信号の時間間隔、および交通量などを指定し、現実的な車の挙動を生成することができる。

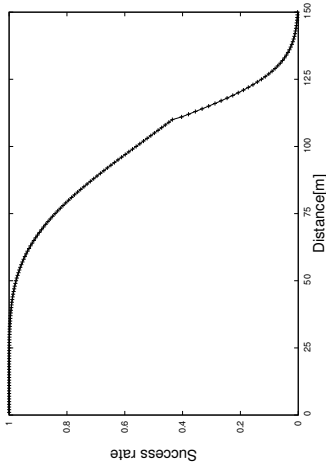


図 3 距離に対するパケット伝送成功率

ネットワークシミュレータでは、通信方式として IEEE802.11 を使い、通信範囲を 150m. 同一無線範囲内での利用可能通信帯域幅を 12Mbps. チャネル数を 1 とした。また、MAC 層で CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) を近似するため、ミリ秒の間隔で検出を行い衝突を回避する機能を組み込んだ。パケットの伝送成功率に仲上分布¹²⁾を用いた。送信者と受信者間の距離 d が 110m (= CR) 以下の時の伝送成功率 P_R を式 (1) で定義し、 d が CR より遠い時は式 (2) で定義する。図 3 に確率分布を示す。

$$P_R = e^{-3\left(\frac{d}{CR}\right)^2} \left(1 + 3\left(\frac{d}{CR}\right)^2 + \frac{9}{2}\left(\frac{d}{CR}\right)^4\right) \quad (1)$$

$$P_R = e^{-3\gamma\left(\frac{d}{CR}\right)^2} \left(1 + 3\gamma\left(\frac{d}{CR}\right)^2 + \frac{9}{2}\gamma^2\left(\frac{d}{CR}\right)^4\right) \quad (2)$$

実験は、NETSTREAM で出力した交通流データをネットワークシミュレータに読み込ませ、ミリ秒単位でシミュレーションを行った。

5.1 シミュレーションの設定

5.1.1 シミュレーションパラメータの設定

シミュレーションに用いた道路地図と、シミュレーションパラメータを、それぞれ図 4, 表 4 に示す。道路地図のサイズは 1.4km × 1.6km. 道路は全て片側 1 車線とした。シミュレーションでは、分割された車両ネットワークを発生させるため、10 分間の総発生車両台数を 462 台 (最大同時発生車両台数 166 台, 道路長平均 152m 当たり 1 台) と比較的少なめに設定した。シミュレーション開始から 300 秒までに現れた車両に、データを複数箇所持させ、それ以降に現れた車両にはデータを所持させないようにした。また、それぞれのデータの宛先には情報発信・収集装置 A, B, C, D のいずれかがランダムで設定されており、データを所持している車両の無線範囲内 (150m) に宛先地点が含まれた時、データが

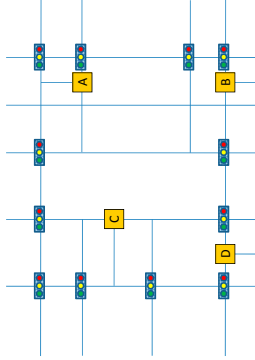


図 4 道路の形状

表 4 シミュレーションパラメータ

フィールドサイズ	1.4km × 1.6km
車両の最高速度	時速 60km
交差点数	26
発生車両台数	462 台
初期所持データ数	500 個 ~ 5000 個
無線通信範囲	150m
ハローメッセージ送信間隔	3 秒
ハローメッセージサイズ	1,000byte
データサイズ	1.5Kbyte
シミュレーション時間	10 分
データの宛先装置の数	A, B, C, D の計 4 箇所
データの生存期間	300 秒

到達するとした。すれ違う車両間でハローメッセージを少なくとも 1 度受信するために、送信間隔 P を次のように定めた。車両の移動速度を時速 60km とすると、秒速約 16.67m である。2 台の車両がこの速度ですれ違うとすれば、車両が半径 150m の通信範囲内に存在する時間は、約 4.50 秒となる。そこで、ハローメッセージの送信間隔はそれ以下である 3 秒と設定した。

5.1.2 比較手法

提案手法の比較対象としてフラッディング, Geocast¹⁰⁾, Epidemic Routing⁷⁾ を用いた。それぞれの手法はハローメッセージを受信した時、データの無線範囲へのブロードキャストを行うようにした。また、一度受信したデータは TTL を過ぎるまでは廃棄せず, Carry and Forward を行わせた。Geocast はネイバーテーブルの車両の位置情報を参照し、宛先への距離が最小となる車両に、データをユニキャストで送信させた。Epidemic Routing の他車両へのデータ感染率は、5%, 20% と比較的低く設定した。これは、車は車群で移動することが多いために、車群中の車両に何度も感染させようとし、その結果、感染率を高くすると車群の全車両に 100% 感染させてしまうからである。

5.2 実験結果

5.2.1 データ到達率の比較

図 5 は、各車両の初期所持データ数を 500 個から 5000 個の間で変化させた時のデータ到達率の変化を示している。データ数が 500 個の時は、提案手法は 85.7% という高い到達率を達成している。一方、位置情報を利用する Geocast の到達率が 40.4% と低い結果になっている。これは、各瞬間で宛先地点への距離が最小となる車両を選んでいるが、ネットワークが分断され宛先に到達しない場合が頻繁に発生しているためと考えられる。データ数が増加するにつれ、全ての手法で到達率が低下しているが、提案手法は最も高い到達率を維持している。これは、経路情報を利用してデータ中継相手を選ぶことで、無駄な通信が回避で

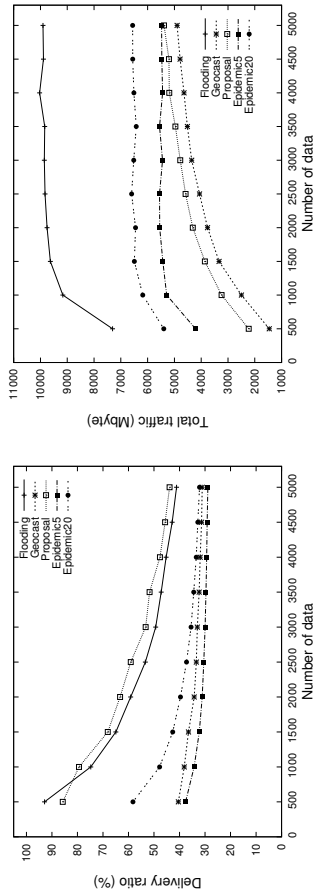


図5 初期所持データ数と到達率の変化

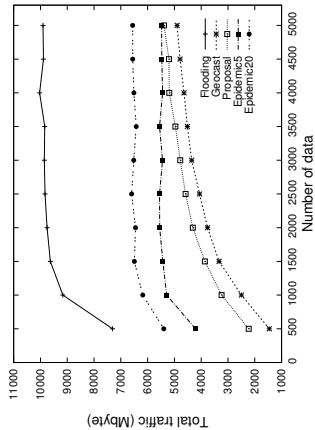


図6 初期所持データ数と総通信量の変化

き、その分必要な通信に帯域を割り当てることが出来るからである。

5.2.2 総通信量の比較

図6は、各車両の初期所持データ数を500個から5000個の間で変化させた時の、総通信量の変化を示している。データ数が500個の時は、提案手法はフラッディングの約4分の1の通信量を示している。データ数の増加により、フラッディング、Epidemic Routingで輻輳が発生して、帯域を占有していることに對し、提案手法、Geocastでは帯域を占有せずに通信できていた。また、データ数が5000個の時でも、フラッディングの約2分の1程度の通信量で済んでおり、提案手法は効率よく通信できる手法だといえる。

6. まとめ

本稿では、車車間通信において車両の移動予定経路情報を利用したDTNに基づいたデータルーティング手法を提案した。提案手法では、既存手法に比べ使用通信量を抑えながら、高いメッセージ到達率を示すことが確認できた。今後の課題として、本稿では特定の宛先装置にデータを送信する問題について考えたが、今後、宛先装置に向けてクエリを送信し、その結果を取得するようなブル型のアプリケーションの実現について取り組む予定である。

参考文献

- 1) 馬場美也子, 棚橋巖, 北岡広宣, 森博子, 寺本英二: “交通流シミュレータ NET-STREAM”, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 1, pp.226-235, 2005.
- 2) Sawa, Y., Kitani, T., Shibata, N., Yasumoto, K., and Ito, M.: “A Method for Pedestrian Position Estimation Using Inter-Vehicle Communication,” *Proc. of 3rd IEEE Workshop on Automotive Networking and Applications (AutoNet.2008)*, (CD-ROM), 2008.

- 3) Shibata, N., Terauchi, T., Kitani, T., Yasumoto, K., Ito, M., and Higashino, T.: “A Method for Sharing Traffic Jam Information Using Inter-Vehicle Communication,” *Proc. of Int'l Workshop on Vehicle-to-Vehicle Communications (V2VCOM) (MobiQuitous2006 Workshop)*, (CD-ROM), 2006.
- 4) Caliskan, M., Graupner, D., and Mauve, M.: “Decentralized discovery of free parking places,” *Proc. of 3rd ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET'06)*, pp. 30-39, 2006.
- 5) Perkins, C.E., and Royer, E.M.: “Ad hoc on-demand distance vector routing,” *Proc. of 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMACSA'99)*, pp. 90-100, 1999.
- 6) Johnson, D., and Maltz, D.: “Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks,” *Mobile Computing Kluwer*, pp. 153-181, 1996.
- 7) Vahdat, A., and Becker, D.: “Epidemic routing for partially-connected ad hoc networks,” *Duke University Technical Report CS-2000-06*, 2000.
- 8) Zhao, W., and Ammar, M.H.: “Message Ferrying: Proactive Routing in Highly-partitioned Wireless Ad Hoc Networks,” *Proc. of 9th IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems (FTDCS 2003)*, pp.308-314, 2003.
- 9) 新川崇, 木谷友哉, 柴田直樹, 安本慶一, 東野輝夫, 伊藤実: “メッセージフェリーと車車間通信を併用した渋滞情報収集システムの情報伝播効率の改善,” 情報処理学会論文誌, vol. 49, no. 1, pp. 189-198, 2008.
- 10) Ko, Y.B., and N.H. Vaidya: “Geocasting in mobile ad hoc networks: location-based multicast algorithms,” *Proc. of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMACSA'99)*, pp.101-110, 1999.
- 11) Spyropoulos, T., Psounis, K., and Raghavendra, C.S.: “Spray and wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks,” *Proc. of ACM SIGCOMM workshop on Delay-tolerant networking (WDTN-05)*, pp.252-259, 2005.
- 12) Killat, M., Schmidt-Eisenlohr, F., Hartenstein, H., Ressel, C., Vortish, P., Assenmacher, S. and Busch, F.: “Enabling Efficient and Accurate Large-Scale Simulations of VANETs for Vehicular Traffic Management,” *Proc. of the 4th ACM Int'l workshop on Vehicular ad hoc networks (VANET2007)*, pp. 29-38, 2007.