

車車間通信を用いた情報共有のためのデータ配布について

佐合 弘行 篠原 昌子 原 隆浩 西尾章治郎

大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻

〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5

E-mail: {sago.hiroyuki, sinohara.masako, hara, nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

高度交通システム (ITS: Intelligent Transport System) では、データの利用率を向上させるため、車車間通信を用いて情報を共有することが有効である。そこで本稿では、ユーザのデータ要求に対して、データの取得機会を増やし、新鮮なデータを取得することを目的として、車両間のデータ共有のためのデータ配布手法を提案する。提案手法では、車両の移動経路の情報を用いて、近くにいる同じ進行方向の車両をグループ化し、接続している車両 (グループ) 間で互いに将来アクセスする可能性の高いデータを配布し合う。さらに本稿では、提案手法の性能評価のために、シミュレーション実験を行い、その有効性を検証する。両間のデータ共有のためのデータ配布手法を提案する。

On Data Dissemination for Information Sharing Based on Inter-Vehicle Communication

Hiroyuki SAGO Masako SHINOHARA Takahiro HARA Shojiro NISHIO

Dept. of Multimedia Eng., Grad. Sch. of Information Science and Technology, Osaka Univ.
1-5 Yamadaoka, Suita-shi, Osaka, 565-0871 Japan

E-mail: {sinohara.masako, hideki, hara, nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

In an Intelligent Transport System (ITS), information sharing based on inter-vehicle communication is effective for improving the data availability. In this paper, we propose a data dissemination method to share data items among vehicles, which increases the opportunity for vehicles to acquire more fresh data items that the users request. In our proposed method, vehicles are grouped according to their locations and movement directions estimated from their route information. Then, data items that are more likely to be accessed in near future are disseminated between two groups. We also present simulation results to evaluate the performance of our proposed method.

1 はじめに

近年、無線通信技術の発展と車両搭載機器の高性能化に伴い、人と道路と車両を相互に結び、道路交通問題を解決する高度交通システム (ITS: Intelligent Transport Systems) への取り組みが盛んに行われている。その一環として、受信機能をもつカーナビゲーション装置を介して、ユーザに渋滞や事故などの交通情報を配信するシステムが実用化されている [5]。このシステムでは、道路上のセンサが周辺の情報を収集し、管理センサが収集した情報の処理と車両への配信を行う。

ここで従来のシステムでは、管理センサが情報を一度収集してから配信するため、情報の遅延が発

生し、ユーザが新鮮な交通情報を取得できない。また、管理センサや道路上の端末、これらを結ぶネットワーク網などのインフラの整備や維持に膨大な費用が必要とされるため、ユーザに情報を提供できる範囲が限定される。

この問題を改善するため、各車両が車載センサにより周囲の状況をセンシングし、車車間通信により車両間でデータを共有することが有効であり、これまでに車車間通信を用いた情報交換に関する研究が盛んに行われている [1],[2],[3],[4],[5]。文献 [3] では、移動速度の情報を対向車両同士で、伝播させることで、先行経路の混雑情報を把握し、ユーザに新鮮な道路情報を提供する方法を提案している。文献 [1] では、各車両が自身のもつ道路情報と他の車両か

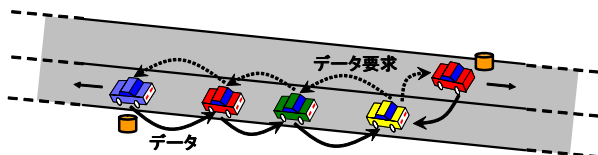


図 1: 車車間通信によるデータ共有

ら受信した道路情報を周期的に放送することで、先行経路上の道路情報を散布、伝播させていくアプリケーション層プロトコルを提案している。文献 [4] では、車両が互いのもつデータの情報を交換し、自身の現在地近くで生成された新鮮なデータの複製を優先的に配置する方法を提案している。

ここで、車車間通信は、モバイルアドホックネットワークと同様の通信技術を用いて実現される。そのため、通信インフラが整備されていない地域でも、車両間で自律的にネットワークを構築し、直接通信やマルチホップ通信によりデータを共有できる(図 1)。また、管理センタのように収集情報の処理と配信を集中管理によって行わないため、ユーザが新鮮なデータを取得できる。一方、車車間通信では、接続していた二台の車両が互いの無線通信範囲を超えて移動すると、車両間の無線リンクが切断され、通信を継続できなくなる。つまり、常に他の車両と接続しているとは限らないため、ユーザがデータ要求したときに、他の車両からデータを取得できない可能性がある。また、車両は高速で移動するため、他の車両からデータを受信している間に、その車両との無線リンクが切断され、データを取得できない可能性もある。

そこで本稿では、ユーザのデータ要求に対して、データの取得機会を増やしつつ、新鮮なデータを取得することを目的として、車両間のデータ共有のためのデータ配布手法を提案する。提案手法では、ユーザは指定した位置付近で作成された新鮮なデータを複数個要求する。また、車両の移動経路の情報を用いて、近くにいる同じ進行方向の車両をグループ化し、接続している車両(グループ)間で互いに将来アクセスする可能性の高いデータを配布し合う。このとき、車両の移動特性に基づいて車両間の通信可能時間と、ユーザのデータアクセス特性に基づいてデータの信頼度を計算することで、車両間で限られた通信時間内に有益なデータを交換する。さらに本稿では、提案手法の性能評価のために、シ

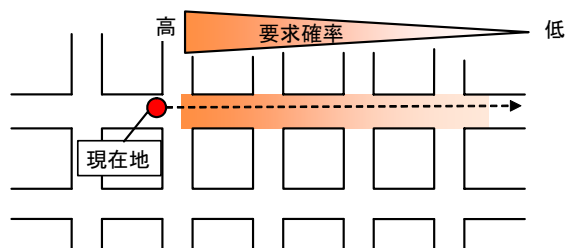


図 2: ユーザのデータアクセス特性

ミュレーション実験を行い、その有効性を検証する。

以下では、2で想定環境について述べる。3で提案手法について説明し、4でシミュレーション実験の結果を示す。最後に5で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2 想定環境

本稿では、車両内のユーザが道路上を移動しながら、自身や他の車両のもつデータを要求する環境を想定する。車両は、ユーザの目的地と目的地までの経路を把握しているものとする。実環境において、ユーザが車載端末に目的地を設定していない場合、車両は過去の移動履歴と予測移動経路の情報を用いて、目的地と目的地までの経路をある程度の精度で求めることができる。車両は車載センサを用いて、周囲の状況をセンシングし、データを生成する。その際、データに作成地点、作成時刻、および有効時間の情報を付加し、自身のデータ領域に保持する。ここで、データの有効時間とは、そのデータがユーザにとって意味のあるものとみなせる時間のことを指し、有効時間が経過した古いデータはデータ領域から破棄される。例えば、渋滞の状況は時間が経過すると変化するため、有効時間の経過したデータは破棄することが好ましい。なお、簡単化のため各データのサイズは等しく、データ更新は発生しないものとする。

ユーザは、自身の移動経路上で作成されたデータを要求し、現在地付近で作成されたデータほど頻繁に要求するものとする。図 2 に、ユーザのデータアクセス特性を示す。この図では、破線の矢印は車両の移動経路を示し、色が濃い場所で作成されたデータほどユーザの要求確率が高いことを示す。ユーザ(車両)がデータを要求し他の車両からデータを取得する場合、そのデータを自身のデータ領域に配置

する。なお、各車両のデータ領域は十分に大きいものとし、他の車両から取得したすべてのデータを保持できるものとする。

3 データ共有のためのデータ配布手法

本章では、車両間のデータ共有のためのデータ配布手法を提案する。以下ではまず、車両の移動特性に基づいた車両間の通信可能時間と、ユーザのデータアクセス特性に基づいたデータの信頼度の計算法について述べる。次に、ユーザが関心のある位置を指定し、その位置付近で作成された新鮮なデータを複数個要求するデータ要求モデルについて説明する。さらに、近くにいる同じ進行方向の車両をグループ化し、接続している車両（グループ）間で互いに将来アクセスする可能性の高いデータを配布し合うデータ配布について説明する。

3.1 車両間の通信可能時間

車間通信では、各車両は無線通信範囲が限られるため、車両同士が互いに通信できる時間（通信可能時間）が限られる。ここで、通信可能時間は、車両の移動速度や移動方向に大きく影響される。例えば、対向車線を自身と反対方向に移動する車両（対向車両）との通信可能時間は短くなる。そこで提案手法では、各車両が他の車両の移動経路の情報をを用いて、他の車両との通信可能時間を求める。以下では、直接通信する車両間の通信可能時間とマルチホップ通信を行う車両間の通信可能時間について説明する。

- 直接通信する場合

車両は、自身および通信相手となる車両の移動経路の情報から、二台の車両間の距離が無線通信範囲内であるときに通信可能とし、車両の移動により通信範囲外になる（通信できなくなる）までの時間を通信可能時間とする。

- マルチホップ通信を行う場合

車両は、通信相手の車両までの通信経路上に存在する各車両との間の通信可能時間のうち、最短のものをその経路および通信相手との通信可能時間とする。なお、車両間の通信経路が複数形成される場合、経路の通信可能時間が最

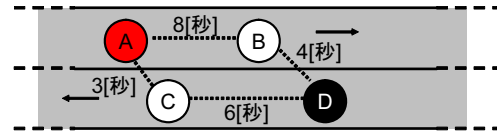


図 3: マルチホップ通信を行う車両間の通信可能時間

長の経路を、通信相手までの通信経路とする。図 3 を用いて、車両間の通信可能時間を求める例を示す。図中の点線矢印は無線リンク、数値は各車両間の通信可能時間を示す。このとき、車両 A から D までの経路は二つ存在し、A → B → D の通信可能時間は 4[秒]、A → C → D の通信可能時間は 3[秒] となるため、AD 間の通信可能時間は 4[秒] となる。

3.2 データの信頼度

車両間の通信可能時間は限られており、車両は他の車両に無制限にデータを配布できないため、配布するデータを選択する必要がある。そこで、文献 [4] を参考に、次式でデータの信頼度 R を定義する。

$$R = E - (\alpha \cdot t_e + \beta \cdot d/v) \quad (1)$$

ここで E はデータの有効時間、 t_e はデータが作成されてから経過した時間を表す。また、 d は現在地からデータ作成位置までの距離、 v は車両の移動速度を表し、つまり、 d/v は車両の現在地からデータが作成された位置までの移動所要時間を表す。なお、 $\alpha (\geq 0)$ および $\beta (\geq 0)$ は事前に設定される定数である。式 (1) より、作成されてからの時間が短く、作成地点の現在地からの距離が近いデータほど信頼度が高くなり、データ要求やデータ配布の際に優先的に送信される。また、作成地点の現在地からの距離が遠いデータでも、作成されてからの時間が短ければ信頼度が高くなる。これは、車両がデータの作成地点に到達するまでに時間を要したとしても、そのデータが十分に新しければ、ユーザにとって有益なものとなるからである。

3.3 データ要求

ユーザは関心のある位置を指定し、その位置を中心とした半径 r_{ac} の円内で作成されたデータを要求する。このとき、データの取得個数が N 個以上、取

得するデータの信頼度の和が S 以上という条件（要求条件）を満たすようにする。これは、ユーザが指定した位置の状況をより正確に把握できるように、新鮮なデータを複数個要求することを意味する。以下では、車両 A に乗るユーザが位置 (x, y) を指定し、その周辺情報を要求する動作を示す。

1. 車両 A は自身のもつデータで要求条件を満たすか否かを調べる。要求条件を満たす場合、自身のもつデータにアクセスして処理を終了する。そうでない場合、 $k(\geq 1)$ ホップ内の車両に、自分の移動経路の情報を含めた問合せパケットを送信する。
2. 問合せパケットを受信した車両は、要求リストに含まれるデータをもつ場合、A の移動経路の情報から求めた通信可能時間および要求リストに含まれる所持データのリストを A に送信する。
3. 車両 A は、要求条件を満たすために、自身のもつデータと受信したリストに含まれるデータの信頼度を比較し、信頼度の高いデータから順に実際に要求するものを決定する。A は、データを実際に要求する車両を、車両との通信可能時間およびホップ数を考慮して決定し、データを要求する。
4. 車両 A は、取得したデータを自身のデータ領域に配置し、ユーザに何らかの形式で呈示する。

3.4 車両のグループ化

実環境では、近くにいる同じ進行方向の車両同士はほぼ同じ速度で移動することが多いため、長時間に渡り通信できる可能性が高い。また、ユーザが自身の移動経路上で作成されたデータを要求する場合、近くにいる車両同士は自身と同じデータを要求する確率が高い。そこで、車両の移動経路の情報を用いて、近くにいる同じ進行方向の車両同士をグループ化する。以下に、車両が自身の所属グループを決定する手順について示す。

1. グループ作成周期 T_g ごとに、自身の移動経路の情報から、次の作成周期の時点で自身が到達している位置を予測する。
2. 移動領域は矩形領域に分割されているものとし、現在地を含む領域と、手順 1 で求めた予測

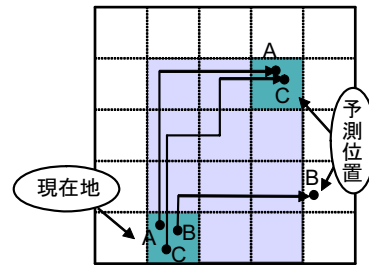


図 4: 車両のグループ化と配布データの作成範囲

位置を含む領域の両者が等しい車両同士を同じグループとする。

上記の方法により、同じグループに属する車両同士は、長時間に渡り通信できる可能性が高く、さらに同じデータアクセス特性をもつ可能性が高い。また、周期的にグループを再構成することで、時間経過に伴うグループ化の精度低下を防ぐことができる。なお、この手法では、各車両は自身の移動経路の情報のみでグループを認識できるため、他の車両と移動経路の情報を交換する必要がない。

図 4 を用いて、車両のグループ化の例を示す。現在同じ領域に存在する車両 A, B, C のうち、次の作成周期時の予測位置が同じ領域に含まれる A と C が同じグループとなる。

3.5 データ配布

自身がこれから移動する経路から移動してきた車両は、ユーザにとって有益なデータをもつ可能性が高い。そこで提案手法では、各車両が、対向車線や交差点ですれ違う他グループに属する車両（これらの車両を対向車両と呼ぶ）にデータを配布する。その際、対向車両の現在地を含む領域と、予測位置を含む領域を頂点とする矩形の範囲内で作成されたデータを配布する。例えば、図 4 において、A と C が属するグループの車両には、網掛け矩形内で作成されたデータを配布する。対向車両には、移動経路上で作成されたデータだけでなく、より広い範囲で作成されたデータも配布することで、同じグループに属する車両の移動経路が異なっても、これらの車両間でデータを効果的に共有できる。この際、3.2 節で定義した信頼度の高いデータを優先的に配布する。

対向車両間でデータ配布を行う場合、交差点で互

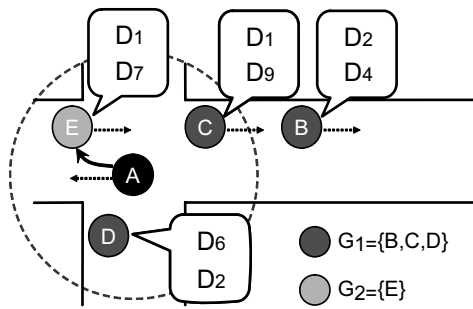


図 5: 通信時間が短い場合のデータ配布

表 1: 配布データリスト

グループ	データ (配布回数)
G_1	$D_2(2), D_4(1), D_1(1), D_9(1), D_6(1)$
G_2	$D_2(1), D_1(2), D_7(1)$

いに停止中であれば、多くのデータを配布できる。一方、走行中であれば、すぐにすれ違うため、配布できるデータの個数は少なくなる。そこで提案手法では、通信可能時間を考慮してデータ配布を行う。その際、閾値 t_c を設定し、通信可能時間が t_c より大きくなる場合に通信時間が長いとみなす。

以下では、通信時間が短い場合と長い場合に分類して、データ配布方法について説明する。

3.5.1 通信時間が短い場合

走行中など車両間の通信可能時間が短い場合、配布できるデータの個数は少ないため、同じグループに属する車両に重複なくデータを配布する。これは、同じグループに属する車両はその後にも通信できる可能性が高いため、グループに属するいずれかの車両にデータを配布しておけば、車両がデータを要求したときに、同じグループに属する車両からデータを取得できるからである。

各車両は、グループ作成周期ごとに、自身が保持しているデータの中で各グループに配布するデータを信頼度の高い順に並べた配布データリストを作成する。また、グループごとに、配布したデータとその配布回数を記録しておく。以下では、車両 A が対向車両と接続したときの動作について示す。

1. 車両 A が対向車両に接続すると、自身が属す

るグループの情報と、保持しているデータのリスト (保持データリスト) を、互いに交換する。

2. 車両 A は、対向車両が属するグループの配布データリストに含まれるデータの中で、対向車両がもっていないデータを調べる。それらのデータの中で配布回数が少なく信頼度の高いものから順に、データを対向車両に送信し、送信したデータの配布回数を 1 増やす。送信できるデータの個数は、対向車両との通信可能時間に依存する。なお、A も同様に対向車両からデータの配布を受ける。

図 5 の例を用いて、車両 A が車両 B, C, D, E の順に接続したときのデータ配布の動作を示す。図中の吹き出しは、A が各対向車両に配布したデータを示す。また、表 1 は車両 A が保持するグループ G_1 と G_2 に対する配布データリストの、データ配布後の様子を示す。例えば、車両 A は、B と同じグループ G_1 に属する C と接続したとき、B に配布したデータは配布回数が増えているため、これらのデータとは異なるデータを配布している。

3.5.2 通信時間が長い場合

交差点で停止中など、車両間の通信可能時間が長い場合、対向車両により多くのデータを配布できるため、他の車両に重複を許してデータを配布する。このとき、通信可能な全ての車両間でデータを配布し合うと、通信トラヒックが非常に大きくなるため、各グループの中で最も先頭に存在する車両 (リーダー) が、各グループで配布するデータの調整を行う。以下では、車両 A が属するグループが、対向車両のグループとデータを配布しあう動作を示す。

1. 各車両は、自身の保持データリストと位置情報を含むパケットを、無線通信範囲内に存在する同じグループの車両に送信する。これにより、車両は自身の属するグループ内の車両とこれらの車両が保持するデータを把握する。また、受信したパケットの車両の位置情報から、自身が最も先頭に存在する場合、グループのリーダーとなる。
2. リーダは、グループ内のデータとそのデータをもつ車両のリスト (グループ保持データリス

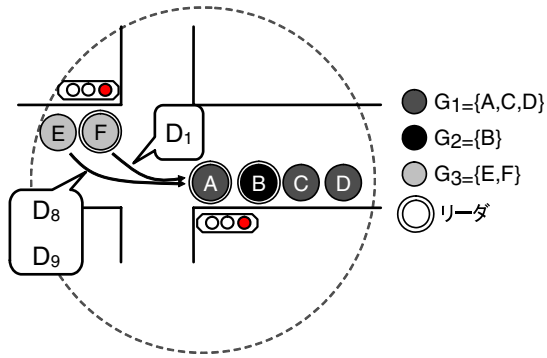


図 6: 通信時間が長い場合のデータ配布

ト)を作成し、無線通信範囲内にいる対向車両に送信する。これは、リーダーがグループの先頭車両であるため、グループの中で最も多くの対向車両と通信でき、取得できるデータの個数が多くなるからである。

- 手順(1)(2)は、対向車両でも同様に行われる。対向車両のグループのリーダーからグループ保持データリストを受信したリーダーは、自身のグループ保持データリストになく、対向車両グループのグループ保持データリストに含まれるデータを信頼度の高い順に並べる。
- リーダーは、要求するデータとその配布先車両を決定しグループとして要求するデータのリスト(グループ要求データリスト)を作成する。また、グループ要求データリストの上位のデータから順に、3.3節で述べたデータ要求と同様の方法でデータを要求する車両を選択し、グループ要求データリストに配布元として記録する。リーダーは、作成したグループ要求データリストを対向車両に送信する。
- グループ要求データリストを受信した対向車両は、グループ要求データリストの情報に基づいて、データを配布先車両に配布する。

図 6 を用いて、車両 A が属するグループ G_1 が、交差点で対向車両のグループ G_3 からデータを配布される動作を示す。表 2 は各グループのグループ保持データリストを示し、表 3 は、A がグループ G_3 に送信したグループ要求データリストを示す。図中の吹き出しは、データ配布によって G_3 に属する車両 E と F から A に配布されたデータを示す。 G_1 の

表 2: グループ保持データリスト

グループ	データ	保持車両
G_1	A	D_2, D_3, D_6, D_{10}
	C	D_2, D_3
	D	D_2, D_4, D_{10}
G_2	B	D_3, D_7
G_3	E	D_1, D_8, D_9, D_{10}
	F	D_5, D_8, D_{10}

表 3: 車両 A のグループ G_3 へのグループ要求データリスト

配布元	配布先	配布データ
E	A	D_8, D_9
	C	D_9
	D	D_8
F	A	D_1
	C	D_5
	D	D_1, D_5

中で最も先頭に位置する A が、配布するデータを調整することで、通信トラヒックを抑制しつつ、多くのデータを配布できる。

4 性能評価

4.1 シミュレーション環境

2,000[m] × 2,000[m] の 2 次元平面上に、道幅が 10[m] の道路を縦横 200[m] の間隔で格子状に配置し、道路上を 300 台の車両が移動するものとした。交差点には信号機が設置され、30[秒] 間隔で赤青が切り替わり、車両は信号機に従い移動や停止を行う。

ユーザは道路上の位置を目的地として選択し、車両は 15[m/秒](55[km/時]) の速度で、目的地まで最短経路で移動するものとした。また、車両が目的地に到着すると、ユーザは新しく目的地を決定し、再び移動し続ける。各車両の無線通信範囲は半径 80[m] の円とした。グループ化で用いる矩形領域の大きさは 500[m] × 500[m] とし、各車両はグループ作成周期 60[秒] ごとに自身のグループを決定するものとした。また、各車両は平均 200[秒] の指数分布に基づいた間隔で有効時間 500[秒] のデータを作成するものとした。

ユーザは、平均 100[秒] の指数分布に基づいた間隔で関心のある位置を指定し、指定した位置から半径 100[m] の円内で作成されたデータを要求するものとした。その際、データの取得個数が 3 以上、データの信頼度の和が S 以上という要求条件を満たす場合に、データ要求が成功するものとした。

本実験では、提案手法、提案手法（グループ化なし）、およびデータ配布なしの場合で比較し、提案手法の有効性について検証する。提案手法（グループ化なし）とは、提案手法において、車両をグループ化せず、すべての車両が異なるグループに属するものとして、データ配布を行う方法である。また、データ配布なしとは、車両間でデータ配布を行わず、ユーザがデータを要求したときにだけ、データを取得する方法である。

以上のシミュレーション環境において、初期位置として車両を道路上にランダムに配置し、10,000[秒] を経過させたときの以下の評価値を調べた。

- データ要求成功率

シミュレーション時間内に発生したデータ要求の総数に対する要求成功回数の割合。
- データ要求時のトラヒック

シミュレーション時間内でデータ要求時に発生した、データを送信するのに要する通信ホップ数の総和。
- データ配布時のトラヒック

シミュレーション時間内でデータ配布時に発生した、データを送信するのに要する通信ホップ数の総和。

4.2 信頼度の和 S の影響

信頼度の和 S を変化させたときの提案手法の性能を調べた結果を図 7、図 8、および図 9 に示す。これらの図において、横軸は S を示す。縦軸は、図 7 ではデータ要求成功率、図 8 ではデータ要求時のトラヒック、図 9 ではデータ配布時のトラヒックを示す。

図 7 の結果から、 S が大きくなると、ユーザがより新鮮なデータを要求するため、いずれの方法もデータ要求成功率が低くなるのがわかる。提案手法は、データ配布なしの場合より常に成功率が高く、特にグループ化を行う場合に高くなる。これは、提

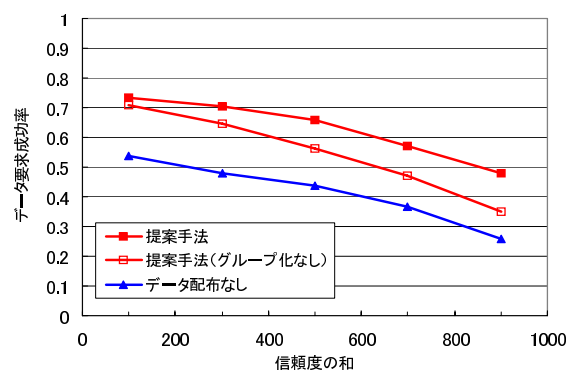


図 7: S とデータ要求成功率

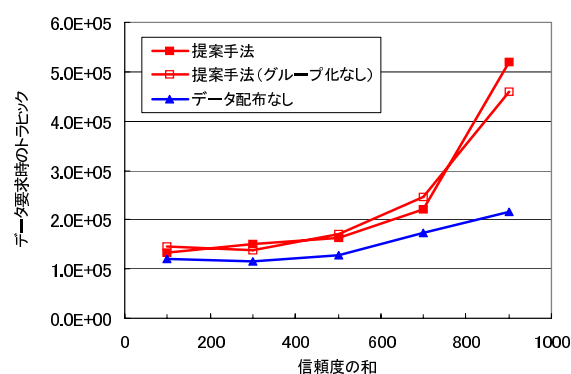


図 8: S とデータ要求時のトラヒック

案手法では、車両がユーザの将来アクセスする可能性の高いデータを前もって取得できるからである。特に、車両のグループ化を行うと、車両間で多種類のデータを共有することができるため、成功率がより高くなる。

図 8 の結果から、 S が大きくなると、いずれの方法もデータ配布時のトラヒックが大きくなるのがわかる。これは S が小さい場合、自身のもつデータのみで要求条件を満たす可能性が高くなるため、他の車両にデータを要求する機会が少なくなるからである。また、 S が大きくなると、他の車両に要求するデータ数が増加する。提案手法は、データ配布なしの場合よりデータ要求時のトラヒックが大きくなる。これは、図 7 の結果における考察と同様で、提案手法では自身や周囲の車両が将来アクセスする可能性の高いデータが対向車両から配布されるため、データ要求時に多くのデータを取得できるからである。また、グループ化を行う場合と行わない場合の提案手法は、データを取得する際のホップ数や要求条件の取得個数などの影響により、優劣関係が変化

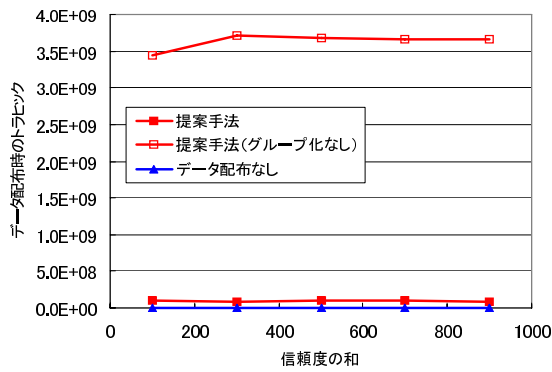


図 9: S とデータ配布時のトラヒック

する。

図 9 の結果から、 S が変化しても、データ配布時のトラヒックはほぼ一定であることがわかる。これは、 S はデータ要求に大きく影響を与えるパラメータであり、データ配布には影響を与えないからである。提案手法において、グループ化を行わない場合、トラヒックが非常に大きくなる。これは、グループ化を行う場合、配布対象データとして配布相手の将来アクセスする可能性の高いデータのみを配布するのに対して、グループ化を行わない場合、各車両が通信可能時間の許す限りデータを取得するためである。実環境では、通信帯域の制約があるため、トラヒックをできる限り削減することが望まれる。また図 7 と図 9 の結果から、提案手法においてグループ化を行うと、グループ化を行わない場合と比べて、データ要求成功率を向上させつつトラヒックを削減できている。そのため、グループ化の有効性が確認できる。

5 まとめ

本稿では、ユーザのデータ要求に対して、データの取得機会を増やしつつ、新鮮なデータを取得することを目的として、車両間のデータ共有のためのデータ配布手法を提案した。提案手法では、ユーザは指定した位置付近で作成された新鮮なデータを複数個要求する。また、車両の移動経路の情報を用いて、近くにいる同じ進行方向の車両をグループ化し、接続している車両（グループ）間で互いに将来アクセスする可能性の高いデータを配布し合う。

シミュレーション実験の結果から、提案手法は車両間でデータ配布することで、ユーザにより多くの

新鮮なデータを提供できることを確認した。また、提案手法において、車両のグループ化を行うことで、さらに性能を向上させることを確認した。

本稿では、車両の現在地とある時間経過後の位置を考慮してグループを決定した。今後は、車両間の移動経路の類似度や、車両密度を考慮した効果的なグループ化の方法について検討する予定である。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」、文部科学省若手研究 (A)(16680005)、および基盤研究 (A)(17200006) の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 齋藤正史, 塚本 淳, 船井麻祐子, 梅津高朗, 北岡広宣, 寺本英二, 東野輝夫, “先行経路上の道路情報取得用アドホック通信プロトコルの開発,” 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 11, pp. 2695–2703, 2005.
- [2] 塚本 淳, 齋藤政史, 梅津高朗, 東野輝夫, “先行道路情報取得プロトコル RMDP の設計と評価,” 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 4, pp. 1248–1257, 2006.
- [3] L. Wischhof, A. Ebner, and H. Rohling, “Information Dissemination in Self-organizing Inter-vehicle Networks,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 6, No. 1 pp. 90–101, 2005.
- [4] B. Xu, A. Ouskel, and O. Wolfson: “Opportunistic Resource Exchange in Inter-vehicle Ad-hoc Networks,” *Proc. '04*, pp. 4–12, 2004.
- [5] VICS HOME PAGE, <URL:http://www.vics.or.jp/>.