

車車間通信を用いた情報共有のための配布履歴を考慮したデータ配布手法

Data Dissemination Methods Considering Dissemination History for Information Sharing based on Inter-Vehicle Communication

佐合 弘行[▼] 篠原 昌子[▼]
原 隆浩[▲] 西尾 章治郎[▲]

Hiroyuki SAGO Masako SHINOHARA
Takahiro HARA Shojiro NISHIO

高度交通システムでは、データの可用性を向上させるため、車車間通信を用いて情報を共有することが有効である。本論文では、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、限られた通信時間内に有益なデータを共有するため、各車両は、接続した車両が将来アクセスする可能性の高いデータを優先的に配布する。また、提案手法を、配布履歴を考慮するように拡張し、接続した車両の近くにいる周辺車両に配布したデータの再配布を抑制する。

In an Intelligent Transport System (ITS), information sharing based on inter-vehicle communication is effective for improving data availability. In this paper, we propose a data dissemination method for sharing data items among vehicles, which increases the opportunity for vehicles to acquire more fresh data items that the users request. In this method, to share useful data items in a limited time, data items that are more likely to be accessed in the near future are disseminated between connected vehicles. Moreover, we extend our proposed method considering dissemination history, which decreases the opportunity to disseminate same data items that have been already disseminated to nearby vehicles of the connected vehicle.

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、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[9]。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、管理センタが収集した情報の処理と車両への配信を行う。

[▼] 学生会員 大阪大学大学院情報科学研究科 sago.hiroyuki.sinohara.masako@ist.osaka-u.ac.jp

[▲] 正会員 大阪大学大学院情報科学研究科 hara.nishio@ist.osaka-u.ac.jp

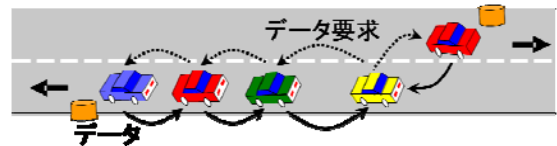


図1 車車間通信の例

Fig.1 An example of inter-vehicle communication.

ここで従来のシステムでは、管理センタ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、管理センタや道路上の端末、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なため、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辺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[3-7]。

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、常に他の車両と接続しているとは限らないため、ユーザが要求したデータを保持する車両と接続していない場合、データを取得できない。また、高速で移動する車両同士が通信できる時間(通信可能時間)は限られているため、車両は他の車両に無制限にデータを配布できない。

そこで、筆者らは、文献[1, 2]において、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、より新鮮なデータを取得することを目的として、車両グループに基づいたデータ配布手法を提案した。この方法では、データの信頼度をユーザのデータアクセス特性に基づいて定義し、車両は、対向車線や交差点ですれ違う車両(対向車両)に対して、信頼度の高いデータから順に配布することで、限られた通信時間内に有益なデータを交換する。また、現在位置と一定時間後の予測位置の両者が近い位置にある車両同士を同じグループとし、同じグループに属する車両には、重複なくデータを配布する。これにより、同じグループ内の車両間では、将来アクセスする可能性の高い多種類のデータを共有できる。しかしこの方法では、現在位置と予測位置の組合せによってグループ化するため、近くにいる異なるグループに属する車両とは効率的にデータを共有できない。

そこで本論文では、近くにいる同じ進行方向の車両(周辺車両)と多種類のデータを共有するためのデータ配布手法を提案する。車両は、対向車両に接続した場合、これらの車両が将来アクセスする可能性の高いデータを優先的に配布する。また、より多種類のデータを共有するため、配布履歴を考慮するように提案手法を拡張し、対向車両の近くにいる同じ進行方向の車両(周辺車両)に配布したデータの再配布を抑制する。さらに本論文では、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。

以下では、2章で関連研究について紹介する。3章で想定環境について述べる。4章で提案するデータ配布手法について説明し、5章でシミュレーション実験の結果を示す。最後に6章で本論文のまとめと今後の課題について述べる。

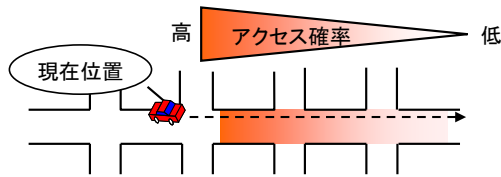


図2 ユーザのデータアクセス特性
Fig. 2 User's data access characteristics.

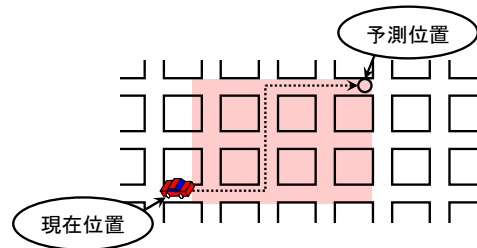


図3 配布データの作成範囲
Fig. 3 Area for data dissemination.

2. 関連研究

近年、様々な交通問題の解決を目指して、車車間通信を用いた情報共有に関する研究が盛んに行われている[3-7].

文献[3, 4]では、各車両が自身の保持する道路情報と他の車両か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[5]では、対向車両同士で車両の位置と移動速度の情報を交換することで、各車両が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[7]では、車両が互いの持つデータの情報を交換し、自身の現在位置付近で作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. また、データの価値を時間と距離によって計算する評価式を紹介している. 文献[6]では、情報伝播の効率を向上させるため、文献[7]の評価式で通信データを選択するデータ配布手法を提案している. なお筆者らの先行研究[1, 2]では、データの信頼度をこの評価式を拡張して定義している.

3. 想定環境

本論文では、車両内のユーザが道路上を移動しながら、自身や他の車両の保持する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. 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、データに作成位置、作成時刻、および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（有効時間）の情報を付加し、自身のデータ領域に保持する. 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、現在位置付近で作成されたデータほど頻繁に要求する(図2). ユーザ(車両)が要求したデータを他の車両から取得した場合、そのデータを自身のデータ領域に配置する.

4. データ共有のためのデータ配布手法

4.1 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、筆者らは文献[7]を参考に、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 R を定義した.

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

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 は現在位置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す. つまり、 d/v は車両の現在位置からデータ作成位置までの移動所要時間を表す. なお、 α および β は事前に設定される正の定数である.

式(1)より、作成されてからの時間が短く、作成位置の現在位置からの距離が近いデータほど信頼度が高くなる.

4.2 データアクセス

筆者らが文献[2]において提案したデータアクセス方法では、ユーザはデータアクセス特性に従って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. 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、データの取得個数が N 個以上、取得したデータの信頼度の和が S 以上という条件（要求条件）を満たす場合に、データ要求が成功するものとした.

以下では、車両 A に乗るユーザが位置を指定し、その周辺情報を要求する動作を示す.

1. 車両 A は自身の保持する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、自身の保持する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 (≥ 1) ホップ内の車両に問合せパケットを送信する. このパケットには、要求車両 A の識別子、指定された位置、およびパケット送信車両の移動経路の情報が含まれる.
2. 問合せパケットを受信した車両は、パケットに含まれる移動経路の情報からパケット送信車両との通信可能時間を求める. 次に、 A から k ホップ内であれば、直接接続している車両に問合せパケットを送信する. このとき、自身の識別子と求めた通信可能時間を追加し、移動経路の情報を自身のそれに更新する. また、指定位置付近で作成されたデータを保持する場合、問合せパケットに含まれる全ての車両の識別子と通信可能時間、自身の識別子と求めた通信可能時間、および自身の持つ指定位置付近のデータリストを含んだ返信パケットを A に送信する.
3. 車両 A は、 k ホップ内の車両から返信パケットを受信すると、データを保持する車両までの通信経路上にいる車両間の通信可能時間のうち、最短のものをその車両とのマルチホップ通信での通信可能時間として求める. また、要求条件を満たすために、自身の保持する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、要求するデータの識別子、およびデータを保持する車両までの通信経路を含むデータ要求パケットを送信し、要求した車両の通信可能時間を更新する. なお、要求するデータを複数の車両が保持する場合、ホップ数が少なく通信可能時間に余裕のある車両に要求する.
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表示する.

4.3 DR (Data Reliability) 手法

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. また、車車間通信では、車両が高速に移動し、車両間の通信時間は限ら

れているため、有益なデータを選択して配布する必要がある。そこでDR手法では、各車両が対向車両と接続したとき、これらの車両が将来アクセスする可能性の高いデータを優先的に配布する。その際、対向車両の現在位置と、 T_f 秒後の予測位置を頂点とする矩形の範囲内で作成されたデータを配布候補とする。例えば図3では、網掛け矩形内で作成されたデータが車両に配布される候補となる。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、車両の移動経路が予測と多少異なっている場合でも、有益なデータを配布できる。

以下では、車両Aが、対向車両Bと接続したときの動作について説明する。

1. 車両Aは、自身の移動経路の情報から、 T_f 秒後に自身が到達している位置を予測する。また、自身の保持するデータの中で、現在位置と予測位置を頂点とする矩形の範囲内で作成されたデータのリスト（保持データリスト）を作成する。Aは、自身の現在位置、予測位置、および保持データリストを含む配布要求 packets を、接続した対向車両Bに送信する。この手順は、対向車両Bでも同様に行われる。
2. 車両Aは、対向車両Bから配布要求 packets を受信すると、自身の保持するデータの中で、Bの現在位置と予測位置を頂点とする矩形の範囲内で作成されたデータとそのデータの配布需要度のリスト（配布候補リスト）を作成する。ここで、配布需要度 D_i は、対向車両がデータ*i*を必要とする度合いを示し、次式で計算する。

$$D_i = \begin{cases} R_i & (i \notin S_H) \\ 0 & (i \in S_H) \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 R_i は4.1節で述べたデータ*i*の信頼度、 S_H は対向車両の保持データリストに含まれるデータの集合を表す。式(2)において、対向車両が保持するデータは配布の必要がないため、その配布需要度は0とする。一方、保持していないデータは信頼度が高いほど、有益と考えられるため、その配布需要度は信頼度と等しくする。

3. 車両Aは、対向車両Bと切断するまで、配布候補リストに含まれるデータを、配布需要度が高いデータから順に配布する。

DR手法では、これから移動する経路から移動してきた対向車両同士で将来アクセスする可能性の高いデータを配布し合うことで、データ要求が成功する機会が増加すると考えられる。また、配布需要度の高いデータから順に配布することで、限られた通信時間内で効率的にデータを配布できる。

DR手法において、 T_f を大きく設定すると、広い範囲で作成された多くのデータが配布候補となるため、各車両は、信頼度が高く、将来アクセスする可能性の高いデータを多く配布できる反面、移動経路から遠く離れた位置で作成された将来アクセスしないデータも配布されてしまう。一方、 T_f を小さく設定すると、狭い範囲で作成されたデータのみが配布候補となるため、移動経路上で作成された将来アクセスする可能性の高いデータを取得できる反面、信頼度の低いデータも配布されてしまう。また、配布候補となるデータ数が少ないため、車両間で多種類のデータを共有できない。

図4の例を用いて、車両Aが対向車両B、C、Dの順に接続したときのDR手法の動作を示す。図中の実線は、車両Aの過去とこれからの移動経路、黒丸と白丸はAがB、C、Dと接続した時の各対向車両の現在位置とその T_f 後の予測位置を

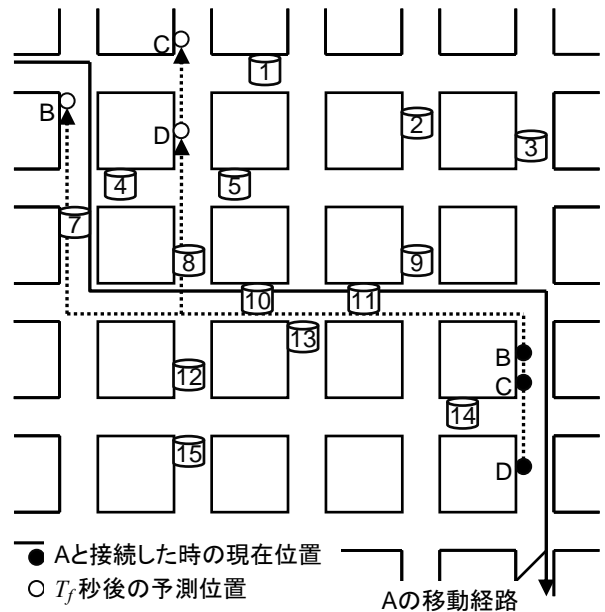


図4 車両の移動経路とデータの作成位置

Fig. 4 Vehicles' route information and locations where data items were generated.

表1 保持データリスト

Table 1 Held-data lists.

車両	データ
A	$D_2, D_5, D_7, D_9, D_{10}, D_{11}, D_{12}, D_{14}$
B	D_3, D_4, D_6, D_{10}
C	D_1, D_6, D_9, D_{12}
D	D_8, D_9, D_{13}, D_{15}

表2 データ信頼度とDR手法で求めた配布重要度

Table 2 Data reliability and demand values by DR method.

		D_2	D_5	D_7	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{14}
信頼度		70	85	75	80	90	65	100	60
配布重要度	B	70	85	75	80	0	65	—	—
	C	70	85	—	0	90	65	0	—
	D	—	85	—	0	90	65	100	60

示す。点線は各対向車両の移動経路を示すが、Aはこれらの経路を把握していない。また、円柱はその地点で作成されたデータを示す。表1は、図4に存在する各車両が保持するデータのリスト、表2は、車両Aの保持データの信頼度と各対向車両に配布する場合の配布需要度を表す。配布需要度が太字のデータは、実際に配布したデータを示す。

例えば、車両AがBと接続した場合、Bの保持していないデータ $D_2, D_5, D_7, D_9, D_{11}$ の配布需要度は、それぞれの信頼度、Bの保持するデータ D_{10} の配布需要度は0となる。また、AはBと接続している間、配布需要度の高いデータから順に配布する。ここでは、 D_5, D_9 を配布している。なお、 D_{12}, D_{14} はBに配布するデータの作成範囲に含まれないため、配布需要度は計算されない(表2では“—”で表す。)

表3 データ信頼度とDR-DH手法で求めた配布重要度

Table 3 Data reliability and demand values by DR-DH method.

		D_2	D_5	D_7	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{14}
信頼度		70	85	75	80	90	65	100	60
配布重要度	B	90	105	95	100	0	85	—	—
	C	110	105	—	0	110	105	0	—
	D	—	125	—	0	110	125	120	120

4.4 DR-DH (DR with Dissemination History)手法

車両とその周辺車両は、同じ進行方向で近くを移動しているため、配布候補とするデータの作成範囲が類似している。したがって、DR手法では、車両が対向車両に対して、周辺車両に配布したデータを重複して配布する可能性がある。例えば、図4、表1、および表2では、車両Aは、 D_5 をBとCに、 D_{10} をCとDに連続して配布している。実環境では、車両とその周辺車両は、ほぼ同じ速度で移動することが多いため、いずれかの周辺車両が保持しているデータは、車両がデータを要求した時に周辺車両から取得できる可能性が高く、前述のようなデータの重複配布は不要となってしまう。

ここで、前回配布してからの経過時間が短いデータは、周辺車両に配布されていると考えられるため、車両がデータ要求した時に周辺車両から取得できる可能性が高い。一方、配布してからの経過時間が長いデータは、車両がデータを保持する車両と接続しておらず、取得できない可能性がある。

そこで、DR-DH手法では、車両が、対向車両の周辺車両に既に配布したデータを再配布しないように、配布したデータの履歴を考慮してデータを配布する。DR-DH手法では、データ配布における配布重要度を次式で計算する。

$$D_i = \begin{cases} R_i + \gamma(t - \tau_i) & (i \notin S_H) \\ 0 & (i \in S_H) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 t は現在時刻、 τ_i は参照時刻、 γ は事前に設定される正の定数を表す。参照時刻は、データ i を最後に配布した時刻と、データ i を保持する車両と最後に接続した時刻の遅い方の時刻とする。式(3)より、DR-DH手法では、信頼度が高く、参照時刻からの経過時間が長いデータほど配布重要度が高くなる。また、参照時刻からの経過時間が短いデータでも、信頼度が高ければ配布重要度が高くなる。

DR-DH手法では、各車両が周辺車両へ配布したデータの履歴を考慮し、対向車両の周辺車両に既に配布したデータを再配布しないようにすることで、不要なデータ配布を抑制し、より多種類のデータを共有できると考えられる。また、データを保持する車両と接続した時刻も考慮することで、データを保持する車両の周辺車両にデータを配布することを防ぐ。しかし、DR-DH手法では、配布候補リストに含まれないデータやまだ接続していない周辺車両が保持するデータを考慮できないため、これらのデータが配布される可能性がある。

図4と表1の例を用いて、DR-DH手法の動作例を示す。Aの保持する全てのデータの参照時刻は0とし、時刻 $t=1, 2, 3$ において、それぞれ対向車両B、C、Dと接続したものとする。また、 $\gamma=20$ とする。表3は、Aの保持するデータと対向車両に配布する場合の配布重要度を表し、太字が配布したデータを示す。例えば、車両AがCと接続した場合、Bに配布していない D_2 と配布した D_5 の配布重要度はそれぞれ、

表4 パラメータ設定

Table 4 Parameter configuration.

パラメータ	値
E	150[秒]
α, β	1
r_{ac}	100[m]
K	3
T_f	150[秒]
γ	20

$$D_2 = 70 + 20(2 - 0) = 110$$

$$D_5 = 85 + 20(1 - 0) = 105$$

となり、Aは配布重要度が高い D_2, D_{10} を配布している。

5. 性能評価

本章では、提案手法の性能評価のために行った、ネットワークシミュレータQualNet4.0[8]を用いたシミュレーション実験の結果を示す。

5.1 シミュレーション環境

5,000[m]×5,000[m]の2次元平面上に、道幅が20[m]の道路を縦横500[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。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ランダムに選択し、車両は5~25[m/秒]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。各車両は、IEEE802.11bを用いて、伝送速度2[Mbps]でデータを転送する。各車両は平均60[秒]の指数分布に基づいた間隔で50,000[B]のデータを作成し、ユーザは平均300[秒]の指数分布に基づいた間隔でデータを要求するものとした。その際、データの取得個数 N が2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。表4に本実験で用いたパラメータの値を示す。

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に、データ要求によって送信されたデータおよび制御パケットの総バイト数。なお、制御パケットとして、問合せパケット(146[B])、返信パケット(134[B])、およびデータ要求パケット(12[B])がある。
- データ配布時のトラヒック
シミュレーション時間内に、データ配布によって送信されたデータおよび制御パケットの総バイト数。なお、制御パケットとして、配布要求パケット(238[B])がある。

5.2 シミュレーション結果

要求する信頼度の和 S を変化させたときの提案手法の性能を調べた。その結果を図5に示す。これらの図において、横軸は要求信頼度 S を示す。縦軸は、図5(a)ではデータ要求成功率、図5(b)ではデータ要求時のトラヒック、図5(c)では

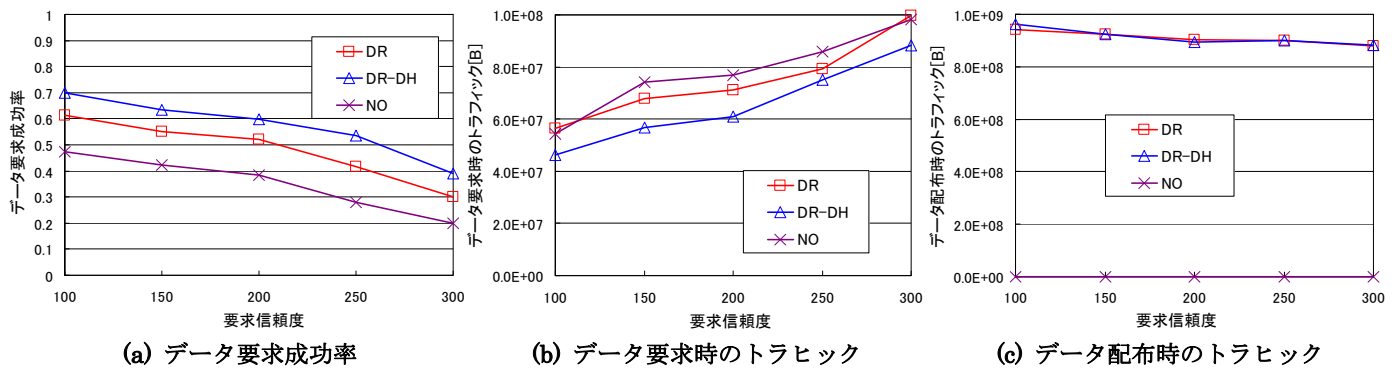


図5 Sの影響

Fig. 5 Effects of S.

表5 取得データの個数と信頼度の和

Table 5 Number and sum of data reliability of acquired data items.

	データ要求車両		相互接続車両	
	個数	信頼度	個数	信頼度
NO	0.21	12.3	0.59	44.4
DR	0.38	56.3	0.75	46.3
DR-DH	0.69	46.4	0.83	77.8

データ配布時のトラフィックを示す。なお、比較のため、車両間でデータ配布を行わず、ユーザがデータ要求したときにだけ、データを取得する場合の結果を“NO”として示す。

図5(a)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、各車両が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ため、データ配布を行わない場合よりデータ要求成功率が高い。また、各提案手法を比べると、DR-DH手法の方がDR手法より、データ要求成功率が高くなるのがわかる。これは、DR-DH手法では、不要なデータ配布を抑制することで、車両間で多種類のデータを共有できるからである。

ここで、 $S=150$ の場合に、データ要求時に、自身（データ要求車両）のデータ領域に保持する要求を満たすデータと相互接続している車両から取得したデータについて、それぞれの個数と信頼度の和の平均を調べた。その結果を表5に示す。結果から、提案手法は、データ配布を行わない場合に比べて、取得データの個数が多いことがわかる。これは、提案手法では、各車両が将来アクセスする可能性の高いデータを前もって取得しているため、自身の保持するデータの個数が多いからである。また、各車両が多くデータを保持することで、データ要求時に相互接続車両から取得できるデータの個数も多い。各提案手法を比べると、DR-DH手法の方がDR手法より、取得データの個数が多い。この特徴は自身の保持するデータにおいて顕著であった。これは、DR-DH手法では、車両間で多種類のデータを共有するため、各車両が信頼度の低いデータも含めて、より広い範囲で作成されたデータを保持するからである。一方、車車間通信では通信帯域に制約があり、相互接続車両から取得できるデータの個数は限られているため、ほぼ同じになる。

取得データの信頼度の和は、提案手法の方がデータ配布を行わない場合より、取得データの個数が多い分、大きくなる。

DR手法では、自身の保持するデータの信頼度の和は大きいものの、相互接続車両から取得したデータの信頼度の和は小さい。これは、DR手法では、各車両が信頼度の高いデータを保持しているものの、周辺車両が同じデータを重複して保持しているため、データ要求時に相互接続車両から取得できるデータの信頼度が低いからである。一方DR-DH手法では、自身の保持するデータの信頼度の和は小さいものの、相互接続車両から取得したデータの信頼度の和は大きい。これは、DR-DH手法では、各車両は信頼度の低いデータも保持しているため、データ要求時に相互接続車両から信頼度の高いデータを多く取得できるからである。

図5(b)の結果から、 S が大きくなると、いずれの方法もデータ要求時のトラフィックが大きくなるのがわかる。これは S が小さい場合、自身の保持するデータのみで要求条件を満たす可能性が高いため、他の車両にデータを要求する機会が少ないからである。また、 S が大きくなると、他の車両に要求するデータの個数が増加する。提案手法は、データ配布を行わない場合に比べて、データ要求時のトラフィックが小さくなる。これは、各車両が将来アクセスする可能性の高いデータを前もって取得しているため、他の車両に要求するデータの個数が減少するからである。また、各提案手法を比べると、データ要求時のトラフィックは、DR手法、DR-DH手法の順に小さくなるのがわかる。これは、拡張手法では、周辺車両が重複なく多種類のデータを保持しているため、データ取得の際のホップ数が小さいからである。

図5(c)の結果より、 S が変化しても、データ配布時のトラフィックはほぼ一定であることがわかる。これは、車車間通信では通信帯域に制約があるため、対向車両に通信可能時間内に送信できるデータや制御パケットの総量が限られているからである。図5(b)と図5(c)の結果から、提案手法は限られた通信帯域を効率的に利用し、新鮮なデータの取得機会が向上していることがわかる。

$S=150$ の場合の、データ要求時（配布時）の制御パケットによるトラフィックを表6に示す。データ要求時の制御パケットによるトラフィックは、データ配布を行わない場合が最も大きく、DR手法、DR-DH手法の順に小さくなるのがわかる。これは、図5(b)の結果における考察と同様で、他の車両、特に自身からのホップ数が大きい車両に要求するデータの個数が増加すると、トラフィックが大きくなる。また、データ要求時のトラフィックに対する割合は、約3%~4%と十分に小さいと言える。また、データ配布時のトラフィックに対する割合は、DR手法とDR-DH手法では1.6%であり、制御パケット

表6 制御パケットのトラフィック [バイト]

Table 6 Traffic of control packets.

	データ要求時の トラフィック	データ配布時の トラフィック
NO	2.9E+06	-
DR	2.8E+06	1.4E+07
DR-DH	2.7E+06	1.4E+07

によるトラフィックは、十分に小さいと言えるが、限られた通信帯域をより効率的に利用するためには、制御パケットによるトラフィックを削減する必要がある。

6. まとめ

本論文では、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、車両間の情報共有のためのデータ配布手法を提案した。提案手法では、車両間で限られた通信時間内に有益なデータを共有できるように、対向車両に接続した場合、これらの車両が将来アクセスする可能性の高いデータを優先的に配布する。また、配布履歴を考慮して提案手法を拡張し、周辺車両に配布したデータの再配布を抑制する。

シミュレーション実験の結果から、提案手法は限られた通信帯域をより効率的に利用することで、新鮮なデータの取得機会が向上することを確認した。特に、拡張手法では、配布履歴を考慮して不要なデータ配布を抑制することで、車両間で多種類のデータを共有でき、さらに性能を向上させることを確認した。

DR-DH手法では、対向車両と、データを過去に配布した車両との移動経路が大きく異なる場合、車両がデータ要求した時にデータを取得できない可能性がある。そこで今後は、対向車両とデータを過去に配布した車両との接続性を考慮して、配布需要度を決定する方法について検討する予定である。

提案手法では、車両が対向車両と接続したとき、これらの車両が将来アクセスする可能性の高いデータを前もって配布しているため、接続性が低い車間通信を用いたサービス運用に効果的と考えられる。例えば、事故や先行経路の渋滞の情報を共有して、ユーザに最適な移動経路を提示するサービスでは、取得した情報が多いほど、精度の高いよりよい経路を提示できると考えられる。今後はこのようなサービスを想定した実証実験について検討する予定である。

[謝辞]

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金・基盤研究(A) (17200006)、および財団法人国際コミュニケーション基金の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

[文献]

- [1] 佐合弘行, 篠原昌子, 原 隆浩, 西尾章治郎: “車間通信を用いた情報共有のためのデータ配布に関する一考察”, 日本データベース学会 Letters, Vol.5, No.2, pp.41-44 (2006).
- [2] Sago, H., Shinohara, M., Hara, T. and Nishio, S.: “Effective Data Dissemination for Information Sharing Based on Inter-vehicle Communication”, Journal of Interconnection Networks (JOIN), Vol.8, No.4,

pp.337-354 (2008).

- [3] 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).
- [4] 塚本 淳, 齋藤正史, 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).
- [5] Wischhof, L., Ebner, A. and Rohling, H.: “Information Dissemination in Self-organizing Intervehicle Networks”, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, Vol.6, No.1, pp.90-101 (2005).
- [6] Wolfson, O. and Xu, B.: “Opportunistic Dissemination of Spatio-temporal Resource Information in Mobile Peer to Peer Networks”, Proc. of DEXA, pp.954-958 (2004).
- [7] Xu, B., Ouskel, A. and Wolfson, O.: “Opportunistic Resource Exchange in Inter-vehicle Ad-hoc Networks”, Proc. of IEEE MDM, pp.4-12 (2004).
- [8] Scalable Network Technologies: “QualNet”, <URL:http://www.scalable-networks.com>.
- [9] Vehicle Information and Communication System Center: “VICS”, <URL:http://www.vics.or.jp/>.

佐合 弘行 Hiroyuki SAGO

2006年大阪大学工学部電子情報エネルギー工学科卒業。2008年同大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。現在、株式会社NTTデータ所属。車間通信を用いた車両間情報共有に興味を持つ。日本データベース学会学生会員。

篠原 昌子 Masako SHINOHARA

2004年大阪大学工学部電子情報エネルギー工学科卒業。2006年同大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。同年、同大学大学院情報科学研究科博士後期課程に入学し、現在に至る。アドホックネットワークにおける消費電力を苦慮したデータ管理に興味を持つ。情報処理学会、日本データベース学会の各学生会員。

原 隆浩 Takahiro HARA

1997年大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年同大学院工学研究科博士後期課程中退後、同大学院工学研究科情報システム工学専攻助手、2002年同大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻助手、2004年より同大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻准教授となり、現在に至る。工学博士。データベースシステム、分散処理に興味を持つ。IEEE, ACM, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本データベース学会の各学生会員。

西尾 章治郎 Shojiro NISHIO

1980年京都大学大学院工学研究科博士後期課程修了。工学博士。京都大学工学部助手、大阪大学基礎工学部および情報処理教育センター助教授、大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻教授を経て、2002年より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教授となり、現在に至る。2000年より大阪大学サイバーメディアセンター長、2003年より大阪大学大学院情報科学研究科長、その後2007年より大阪大学理事・副学長に就任。データベース、マルチメディアシステムの研究に従事。現在、Data & Knowledge Engineering等の論文誌編集委員。本学会理事。電子情報通信学会、情報処理学会の各フェローを含め、ACM, IEEEなど8学会の各学生会員。