Vol.2009-MBL-50 No.7
2009/9/11

VANET 上での車両の需要傾向に応じた push 型情報配信機構

深 谷 大 樹[†1] 石 原 進[†2]

VANET の利用用途として，目的地までの移動時間を短縮するための交通情報（渋滞，事故情報など）配信サービスが考えられている．VANET を用いて交通情報をプッシュ型で配信する場合，交通情報をフラッディングを利用して配信する方法が考えられる．しかしこの方法では，特定の位置でその位置に関連した交通情報が生成された場合，その交通情報の生成位置から離れていく車両などその交通情報を利用する可能性が低い車両に対してその交通情報を配信する可能性がある．そこで本稿では，車車間通信のみで得られた現在の車両移動傾向を基に，位置に関連づけられた交通情報の配信範囲を限定し，プッシュ型情報配信に伴うトラフィックを削減する手法 (Traffic information Distribution using Update Mobility Pattern: TDUMP) を提案する．

Push based traffic information distribution mechanism using vehicle mobility pattern in VANETs

Daiki Fukaya[†1] and Susumu Ishihara[†2]

Dissemination of traffic information is one of the most important applications of Vehicular Ad Hoc NETworks (VANETs) which will be used for avoidance of traffic congestion, traffic accident etc. In this paper, we discuss a method to disseminate traffic information by push. The most simple way to disseminate traffic information is using flooding. However, it cause many redundant packets because the information carried by the packet may not be used by vehicle which go away from the source location of the information. Thus, we propose Traffic information Distribution using Update Mobility Pattern (TDUMP). In the TDUMP, vehicles limit the dissemination area of traffic information based on vehicles mobility pattern obtained only by vehicle to vehicle communication.

1. はじめに

現在 VANET を用いたアプリケーションとして，事故を未然に防ぐための緊急情報（急ブレーキ，路面凍結情報など）を配信するサービスや，目的地までの移動時間を短縮するための交通情報（渋滞，事故情報など）を配信するサービスが考えられている．VANET を用いた交通情報の配信方法として i) プッシュ型のデータ配信 ii) プル型のデータアクセスの二通りある．

プッシュ型のデータ配信では，各車両がその位置に関連した交通情報を生成後，周辺に存在する車両へ生成した交通情報を配信する．これにより，交通情報をその生成位置周辺の車両で共有する．これに関する手法として，佐藤らは文献[2] で車車間通信を利用したセンタレスプローブ情報システムを提案している．このシステムでは，車車間通信と車両自体の移動によって交通情報や気象情報，安全運転支援情報などの価値ある情報（プローブ情報）を生成し，その周辺車両へと配信する．このため，車両の存在する周辺の道路交通情報や，安全に関する情報等の即時性が求められる情報などに有効でる．

プル型のデータアクセスでは，交通情報を保持する他車両に対して要求メッセージを送信し，その要求に合致する交通情報を保持する車両から応答メッセージを送信してもらうことで交通情報を共有する．屋代らは文献[3] で，インフラに依存しない特定の位置に依存した情報の提供システムである NA(Nomadic Agent) を提案している．NA では，エージェントが特定のエリアにおいて自身の物理的な位置を変更しないように端末間を移動しつつ，情報収集，提供を行う．これにより，位置に関連した局所的な情報を，その位置に留めることで，交通情報を必要とする車両はその位置に対して要求を送れば，その位置に関連した情報を取得可能となる．

本稿では，道路上で生成された交通情報は，渋滞情報や事故情報など，その発生位置周辺の車両が必要とする情報であると想定し，VANET における交通情報のプッシュ型配信機構について考える．なお，特に明記しない限り，本論文で交通情報とは，車両によって生成された，その生成位置に関係づけられた情報のことを指す．

交通情報をプッシュ型で配信する場合，交通情報をフラッディングを利用して配信する方

†1 静岡大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Shizuoka University
†2 静岡大学創造科学技術大学院
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

© 2009 Information Processing Society of Japan

法が考えられる．しかしこの方法では，A 地点で A 地点に関連した交通情報が生成された場合，A 地点を通過した直後の車両や，A 地点から遠ざかる車両など，その交通情報を利用する可能性が低い車両に対して交通情報を配信する可能性がある．そこで本稿では，車車間通信で得られた現在の車両移動傾向を基に，位置に関連づけられた交通情報の配信範囲を限定し，プッシュ型情報配信に伴うトラフィックを削減する手法 (Traffic information Distribution using Update Mobility Pattern: TDUMP) を提案する．

以下，2 章ではフラッディングによるプッシュ型交通情報配信の問題について述べる．3 章では，車両の移動傾向を用いたプッシュ型交通情報配信機構である TDUMP について延べ，4 章ではケーススタディを用いて TDUMP の有用性を検証する．5 章でまとめを述べる．

2. フラッディングによるプッシュ型交通情報配信の問題

VANET で，路側の通信インフラを用いず，ある車両が周辺の車両に情報を配信する最も単純な方法はフラッディングである．単純なフラッディングでは，パケットを受信した全ての端末が受信したパケットをブロードキャストすることを繰り返すだけであり，冗長なパケット転送が多くなる．そこで，多くの効率的なフラッディング手法が提案されている．

Williams らは文献[1] でアドホックネットワークにおけるフラッディングの効率化手法を以下の 3 つ i) 確率型，ii) 領域情報利用型 iii) 隣接ノード情報利用型に分類している．

- 確率型
  ブロードキャストされたパケットを受信たノードが，つぎにそのパケットを転送するかどうかを，あらかじめ決めた確率，あるいは動的に決定した確率に従って決定する方法．あるいは，受信後のパケットの転送までに一定の待ち時間を設けて，その間に同じパケットを受信した回数に応じて転送するか否かを決定する方法
- 領域情報利用型
  ブロードキャストされたパケットを受信したノードが，そのパケットの送信ノードからの距離が離れるほどそのパケットの転送待ち時間が長くなるよう決定し，転送待ち時間経過後，そのパケットを転送する．ただし，転送待ち時間中に他ノードから同じパケットを受信した場合，その転送をキャンセルする．
- 隣接ノード情報利用型
  各ノードは定期的に Hello メッセージを送信し，1 ホップ隣接ノードの存在位置を把握する．この情報を基に，自身がブロードキャストするパケットを受信するノードのうち，どのノードが次にそのパケットを転送するか指定する．

上記に分類されるフラッディングの効率化手法により，A 地点で生成した交通情報を A 地点周辺の道路上の全ての車両に対して配信することを考える．この時，交通情報を受信した車両の中には，A 地点を通過した直後の車両や A 地点から遠ざかるような車両が存在するはずである．これらの車両は，A 地点で生成された交通情報を利用する可能性が低い．一方，A 地点に向かってくる車両は A 地点で生成された交通情報を必要とするはずである．つまり，単純に A 地点の周辺道路上のすべての車両に交通情報をフラッディングをする場合，上記のいずれの効率化手法を用いても本当にそれを必要とする車両以外にもパケットが到達してしまう．より望ましいのは，できるだけ少ないトラフィック量で，A 地点に関する交通情報を必要とする車両にこの情報を配信することである．そこで，本稿では車車間通信で得られる車両の移動傾向を基に，A 地点に向かって来る車両が多く走行する道路に交通情報を配信することで，プッシュ型情報配信に伴うトラフィックを削減する方法を提案する．

3. Traffic information Distribution using Update Mobility Pattern: TDUMP

本章では，車車間通信のみで得られた現在の車両移動傾向を基に，位置に関連づけられた交通情報の配信範囲を限定し，プッシュ型情報配信に伴うトラフィックを削減する機構 (Traffic information Distribution using Update Mobility Pattern: TDUMP) を提案し，その機構について述べる．

3.1 想定環境

本稿で提案する手法の想定環境を示す．

- 各車両は無線通信端末を搭載し，それにより無線機器の通信範囲内の他端末と VANET を構成可能である．
- 路側の通信インフラはない．車両以外の設備，アクセスポイント，固定のデータサーバ等を利用しない．
- 車両は信号などの交通ルールに従い，自由に移動する．
- 各車両は GPS 等を用いることにより，自端末の位置を知ることができる．また，各端末は GPS 情報を用いて時刻同期を行う．
- 各車両は定期的に自車両の ID，現在時刻，位置を含んだビーコンを 1 ホップブロードキャストする．
- 車両 i は他車両 j からビーコンを受信すると，j を i の保持する隣接車両リストに追加する．ビーコンを受信してからビーコンの有効期限だけ経過すると，j を i の隣接車両

© 2009 Information Processing Society of Japan

リストから削除する．

- 車両には十分な記憶領域が確保されており，通信中に記憶領域が不足する事はない．
- 交通情報には，交通情報の生成車両 ID，生成位置，時刻情報が含まれている．
- 各道路セグメントには固有の ID が割り振られている．

3.2 動作概要

TDUMP は，特定の位置に関連した交通情報がその位置で生成した場合，その交通情報を利用したいと考える多くの車両が走行する道路上に交通情報の配信範囲を限定することで，交通情報の配信トラフィックを削減する手法である．

A 地点で生成された A 地点に関する交通情報については，主に A 地点にこれから向かう車両のドライバーが知りたいはずである．一方，すでに A 地点を通過した車両や，A 地点とは関係のない移動をしている車両は A 地点に関する交通情報を必要としないはずである．このため A 地点で生成した交通情報に対する需要は，A 地点にこれから向かう車両が多く走行する経路上で高いと見込まれる．つまり A 地点への車両の到達確率が高い経路では，A 地点に関連する交通情報に対する需要が高いといえる．

例えば，図 1 の道路 C を東向きに走行する車両の多くが，その後，道路 B を北上し，さらにその後，道路 A を東向きに走行するという移動傾向が観測される場合，道路 C 上を東向きに走行する車両では，道路 A 上で生成された交通情報に対する需要が高いことが期待できる．

少ないトラフィック量で，特定の交通情報を必要とする車両にその交通情報を配信する場合，その交通情報に対する需要が高い道路に配信範囲を限定することが有効であると考えられる．そこで，TDUMP での特定の位置に依存した交通情報配信においては，各車両は A 地点で生成された交通情報を配信する範囲を，その交通情報に対する需要が高い道路，つまり A 地点への車両の到達確率が高い車両の移動経路に限定する．

TDUMP では，A 地点への到達確率が高い車両の移動経路を以下のようにして求める．A 地点への到達確率が高い車両の移動経路が存在する場合，その経路上の道路を走行する車両の多くは同じ道路を通過し，A 地点へと到来するはずである．この時，その経路上を走行する車両が A 地点へと到来するまでに遭遇する車両（自車両と同方向へ走行する車両，以下，伴走車両と呼ぶ）の変化は少ないはずである．つまり，各車両が定期的に自身の伴走車両を観測し，その伴走車両の変化が少ない時，その車両の移動軌跡が，A 地点への到達確率が高い車両の移動経路であると考えられる．そこで，A 地点周辺の車両が定期的に伴走車両を記録した結果を集めることで，道路上の各地点からの A 地点への到達確率を求める．こうして得られた A 地点への到達確率の高さに基づいて各車両が交通情報を転送するか否か判定する．

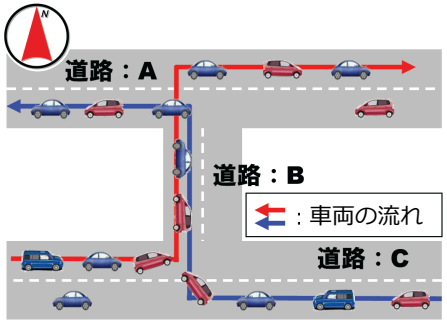

図 1 車両の移動傾向

以下，車両の移動傾向の求め方およびその移動傾向を基にした交通情報の配信方法について説明する．

3.3 車両の移動傾向の求め方

A 地点への到達確率が高い車両の移動経路が存在する場合，その経路上を走行する車両 i が A 地点に到来するまでの車両 i の伴走車両の変化は少ないはずである．そこで，各車両は通過した各道路セグメントにおいて遭遇した伴走車両を伴走車両リストに記録する．そして，隣り合う道路セグメント間における伴走車両リストの一致率を求め，その道路セグメント間における車両の移動確率（セグメント間車両移動確率）を求める．これを現在までに走行した各道路セグメント間で繰り返し行う事で，自身の過去の移動経路上の各道路セグメントから現在位置までの車両の移動確率を推定する．

3.3.1 伴走車両リストの一致率の求め方

車両 i は自身の走行する道路セグメント $S_j(\in \boldsymbol{S})$ の中間地点を通過した際に，道路セグメント S_j における伴走車両リスト $E_i(S_j)$ を生成する．ここで $\boldsymbol{S}$ は，全道路セグメントの集合を表す．$E_i(S_j)$ には，車両 i と同方向に移動する車両 i の前後距離 L 以内の車両（伴走車両）の ID が含まれる．つまり，この時点での車両 i の隣接車両リストに含まれる車両 $\boldsymbol{X}_{i,t}$ の中で，以下の条件 1,2 を全て満たす車両 $x(\in \boldsymbol{X}_{i,t})$ が含まれる．

条件 1 $D(P(i,t), P(x,t)) \leq L$

条件 2 $\boldsymbol{v}(P(i,t), P(i,t+\delta)) = k\boldsymbol{v}(P(x,t), P(x,t+\delta)) \quad (k > 0)$

© 2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-MBL-50 No.7
2009/9/11

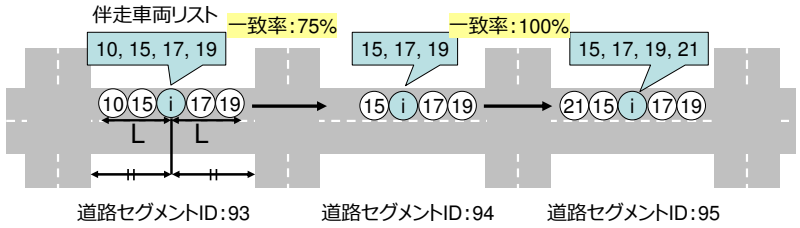

図 2 伴走車両リストの一致率

ここで $D(P(i,t),P(x,t))$ は，車両 i の時刻 t における位置 $P(i,t)$ から $P(x,t)$ までの距離を示す．また，$\boldsymbol{v}(P(i,t),P(i,t+\delta))$ は，時刻 t における車両 i の速度ベクトルを表す．

車両 i が道路セグメント S_{j+1} から隣接道路セグメント S_j に移動した際に，車両 i が保持する伴走車両リストに含まれる伴走車両の一致率 $p_i(S_{j+1} \to S_j)$ は以下の式で求められる．

$$p_i(S_{j+1} \to S_j) = \frac{|\boldsymbol{E}_i(S_j) \cap \boldsymbol{E}_i(S_{j+1})|}{|\boldsymbol{E}_i(S_{j+1})|}$$

ここで $|\boldsymbol{E}_i(S_j)|$ は，$\boldsymbol{E}_i(S_j)$ に含まれる車両の数を表す．

図 2 に伴走車両リストの一致率を求める手順の例を示す．車両 i は，道路セグメント ID：93（以下，$\langle 93 \rangle$ と表記）の中間地点を通過した際に，自身の伴走車両 ID10, 15, 17, 19 の車両を自身の保持する伴走車両リストへ記録する．その後，同様の手順で，車両 i は道路セグメント $\langle 94 \rangle$ で自身の伴走車両 ID15, 17, 19 の車両を記録する．この時の車両 i の伴走車両の一致率は，道路セグメント $\langle 93 \rangle$ で記録した車両 4 台中 3 台が道路セグメント $\langle 94 \rangle$ で記録されたため 75%となる．さらにその後，車両 i は道路セグメント $\langle 95 \rangle$ で，自身の伴走車両 ID15, 17, 19, 21 を記録する．この時の車両 i の伴走車両の一致率は，道路セグメント $\langle 94 \rangle$ で記録した 3 台中 3 台が道路セグメント $\langle 95 \rangle$ で記録されたため 100%となる．

3.3.2 特定の位置に到来する車両の移動傾向判定

車両 i が過去に通過した道路セグメントを $e_k^{(i)} (\in \boldsymbol{S})$ と表す．ここで k は，車両 i が現在存在する道路セグメントから過去にさかのぼって順に $k = 0, 1, 2, 3....$ のように与えられるものとする．車両 i が通過した過去 $n+1$ 個の道路セグメントの履歴 $\boldsymbol{e}^{(i)}$ を $\boldsymbol{e}^{(i)} = (e_0^{(i)}, e_1^{(i)}, ..., e_n^{(i)})$ と表す．以下，$\boldsymbol{e}^{(i)}$ を車両 i の移動軌跡と呼ぶ．

道路セグメント $e_k^{(i)}$ に存在する車両が次に $e_{k-1}^{(i)}$ を走行する確率（セグメント間移動確率）は，$e_k^{(i)}, e_{k-1}^{(i)}$ 間の伴走車両の一致率で推測できる．これを用いて，道路セグメント $e_n^{(i)}$ に存在する車両が，$\boldsymbol{e}^{(i)}$ と同じ移動軌跡となる確率の推定値 $P_i(e_n^{(i)} \to e_0^{(i)})$ を，以下の式で求める．

$$P_i(e_n^{(i)} \to e_0^{(i)}) = p_i(e_n^{(i)} \to e_{n-1}^{(i)}) \cdot p_i(e_{n-1}^{(i)} \to e_{n-2}^{(i)}) \cdots p_i(e_2^{(i)} \to e_1^{(i)}) \cdot p_i(e_1^{(i)} \to e_0^{(i)})$$

3.4 車両の移動傾向に基づいた交通情報の配信

車両 i が時刻 t に位置 $P(i,t)$ で生成した交通情報 $I(i,t,P(i,t))$ には，交通情報の生成車両 ID i，生成時刻 t，位置 $P(i,t)$ および位置 $P(i,t)$ に関連した交通情報 D（渋滞，事故情報など）が含まれている．

以下では，交通情報を生成した車両およびその交通情報を転送する車両の動作について説明する．

3.5 交通情報を生成した車両

車両 i は，交通情報 $I(i,t,P(i,t))$ を生成すると，位置 $P(i,t)$ への車両到達確率が高い経路上の車両に，その交通情報の配信を行う．しかし各車両は，自身が過去に移動した経路における車両の移動傾向しか知る事が出来ない．このため，交通情報の生成位置 $P(i,t)$ への到達確率が高い経路が存在していたとしても，交通情報の生成車両 i がその経路を通行していない可能性がある．一方, 車両 i の隣接車両は $P(i,t)$ への車両到達確率が高い経路を知っている可能性がある．そこで，交通情報の配信時には，自身の隣接車両の持つ $P(i,t)$ への到着確率を集約し，これに基づいて配信経路を決定する．以下，この具体的手順について説明する．

車両 i は，交通情報を生成したことを自身の隣接車両に知らせるための交通情報生成通知を 1 ホップブロードキャストする．交通情報生成通知には，交通情報生成車両の ID，生成時刻，位置座標が含まれている．これを受信したすべての隣接車両は，車両 i からの距離が遠いほど移動軌跡配信待ち時間 $t_w (0 \le t_w \le T_{\max})$ が長くなるようにこの値を決定する．

車両 i からの交通情報生成通知を受信した車両は，時刻 t から t_w 経過後，自車両 j の移動軌跡 $\boldsymbol{e}^{(j)}$ と $\boldsymbol{e}^{(j)}$ に含まれる各道路セグメントで求めたセグメント間移動確率からなる移動履歴 $\boldsymbol{H}^{(j)}$ を作成し，$\boldsymbol{H}^{(j)}$ を車両 i に対してユニキャストで 送信する．$\boldsymbol{H}^{(j)}$ は，$\boldsymbol{H}^{(j)} = (e_N^{(j)}, p_j(e_{N+1}^{(j)} \to e_N^{(j)})), ..., (e_1^{(j)}, p_j(e_2^{(j)} \to e_1^{(j)})), (e_0^{(j)}, p_j(e_1^{(j)} \to e_0^{(j)}))$ と表される．ここで N は転送する移動履歴の最大長であり，システム全体に対して与えられる正の整数である．

© 2009 Information Processing Society of Japan

車両 i は，時刻 t から $T_{\max}$ 経過するまでに他車両から移動履歴を受信すると，それらを集約した移動履歴を作成する．ここで移動履歴を送信してきた隣接車両および自車両の集合を $\boldsymbol{M}$ と表し，$\boldsymbol{M}$ に含まれる車両により生成された移動軌跡の集合を $\boldsymbol{E}^{\boldsymbol{M}}$ とすると，$\boldsymbol{E}^{\boldsymbol{M}} = \bigsqcup_{j \in \boldsymbol{M}} \boldsymbol{e}^{(j)}$ である．

$\boldsymbol{M}$ 内の車両から受信した移動履歴に含まれる任意の隣り合う道路セグメント $x(\in \boldsymbol{E}^{\boldsymbol{M}})$ から $y(\in \boldsymbol{E}^{\boldsymbol{M}})$ に移動する際のセグメント間移動確率の平均値 $\overline{P_{\boldsymbol{M}}}(x \to y)$ を以下の式で求める．

$$\overline{P_{\boldsymbol{M}}}(x \to y) = \frac{\sum_{j \in \boldsymbol{V}(x \to y)} p_j(x \to y)}{|\boldsymbol{V}(x \to y)|}$$

ここで、$\boldsymbol{V}(x \to y)$ は、x から y への移動を行ったことがある $\boldsymbol{M}$ 内の車両の集合を表す．このとき，$\boldsymbol{M}$ に含まれる各車両が生成した移動履歴を集約したものを $\boldsymbol{H}^{(\boldsymbol{M})}$ とすると，$\boldsymbol{H}^{(\boldsymbol{M})}$ は以下の式で表される．

$$\boldsymbol{H}^{(\boldsymbol{M})} = \bigsqcup_{x \in \boldsymbol{E}^{\boldsymbol{M}}, y \in \boldsymbol{E}^{\boldsymbol{M}}} (\overline{P_{\boldsymbol{M}}}(x, y), x, y)$$

車両 i は，時刻 t から $T_{\max}$ 経過後，その時点で保持する移動履歴 $\boldsymbol{H}^{(\boldsymbol{M})}$ を交通情報 $I(i, t, P(i, t))$ に付加し，それを 1 ホップブロードキャストする．

3.6 交通情報を転送する車両の動作

各車両は，交通情報をその生成位置への到達確率が高い経路に沿って配信することで，プッシュ型情報配信に伴うトラフィックを削減する．

車両 i が送信した移動履歴 $\boldsymbol{H}^{(\boldsymbol{M})}$ を含む交通情報 $I(i, t, P(i, t))$ を受信した車両 j は，自身の $\boldsymbol{H}^{(j)}$ を $\boldsymbol{H}^{(\boldsymbol{M})}$ に集約する．その後，自身が現在存在する道路セグメント $e_0^{(j)}$ から交通情報の生成位置を含む道路セグメント S_D までの車両移動確率 $Q_j(e_0^{(j)} \to S_D)$ を，以下の式で求める．

$$Q_j(e_0^{(j)} \to S_D) = \sum_{\boldsymbol{r} \in \boldsymbol{R}(S_D, e_0^{(j)})} p(e_0^{(j)} \to r_{|\boldsymbol{r}|-2}) \cdots p(r_2 \to r_1) \cdot p(r_1 \to S_D)$$

ここで，$\boldsymbol{R}(S_D, e_0^{(j)})$ は，$e_0^{(j)}$ から S_D までの全経路の集合を表す．また，$\boldsymbol{r}$ は $\boldsymbol{R}(S_D, e_0^{(j)})$ に含まれる経路であり，$\boldsymbol{r} = (r_0, r_1, ..., r_{|\boldsymbol{r}|-1})$ と表される．また，$r_0 = S_D, e_0^{(j)} = r_{|\boldsymbol{r}|-1}$ である．

求めた $Q_j(e_0^{(j)} \to S_D)$ が閾値 $P_{\min}$ 以上である場合，つまり，車両 j の現在存在する道路セグメント $e_0^{(j)}$ が，交通情報の生成位置への到達確率が高い道路である場合，交通情報の転送処理へと移行する．

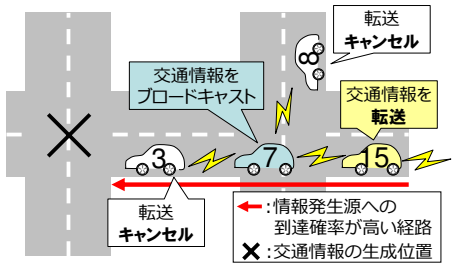

図 3 交通情報の転送処理

時刻 t_1 に交通情報の転送処理へと移行した車両 j は，交通情報の生成位置 $P(i, t)$ までの距離 $D(P(i, t), P(j, t_1))$ が前転送車両 k と $P(i, t)$ の距離 $D(P(i, t), P(k, t_1))$ より長い場合，その距離の差 $D(P(i, t), P(j, t_1)) - D(P(i, t), P(j, t_1))$ が長いほど短くなるように転送までの待ち時間を決定する．$I(i, t, P(i, t))$ の受信から転送待ち時間経過後，車両 j はその交通情報を転送する．ただし，転送待ち時間中に，同じ交通情報を複数個受信した場合に，その転送をキャンセルする．

すなわち以下の二つの条件を全て満たす車両が，転送待ち時間経過後，交通情報の転送を行う．

条件 1 $Q_j(S_D, e_0^{(j)}) < P_{\min}$

条件 2 $D(P(i, t), P(k, t_1)) < D(P(i, t), P(j, t_1))$

なお，j が i 以外の隣接車両を持たない場合，交通情報の送信を延期し，新たな隣接車両に遭遇してから，交通情報の配信を行う．この処理を Carry and Forward (以下，CaF) と呼ぶ．

図 3 に，交通情報を受信した車両がその交通情報を転送する際の手順を示す．交通情報を受信した車両 7 は，自身がその交通情報の発生源への到達確率が高い経路にいるため，その交通情報を転送する．次に，交通情報を受信した車両 ID：3,8,15 の車両は，自車両の位置が情報発生源への到達確率が高い経路情報に存在し，さらに，自車両と交通情報の発生位置までの距離が車両 i より長いという条件を満たす車両，すなわち，車両 ID：15 の車両が次に転送を行う．

© 2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-MBL-50 No.7
2009/9/11

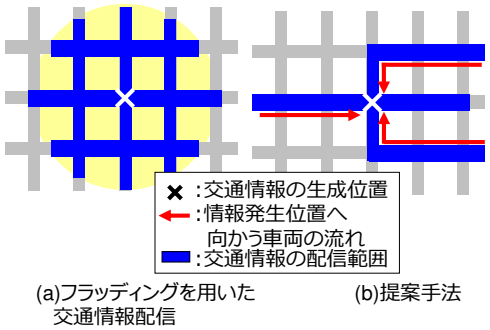

図 4 Case1：碁盤目状の道路における単純フラッディング利用手法と提案手法による交通情報の配信範囲

4. ケーススタディ

この章では，TDUMP と最も単純なフラッディングを用いた交通情報配信手法（単純フラッディング手法）および交差点次転送車両指定型フラッディングとを比較する．

4.1 単純フラッディング利用手法

最初に最も単純なフラッディングを用いたプッシュ型情報配信について考える．位置 A で交通情報が生成された場合，位置 A を中心とした半径 x の円内を交通情報の配布範囲に指定して 2 章で述べた効率的なフラッディングを行う．(図 4)

4.1.1 Case1：碁盤目状の道路構造における交通情報配信

単純フラッディング利用手法では，図 4(a) に示す位置で交通情報が生成された場合，交通情報の生成地点を中心とした円の内側に存在する道路上がその交通情報の配信範囲となる．一方，提案手法では，図 4(b) に示すような 3 つの移動傾向が観測された場合，その交通情報の配信範囲は図 4(b) の色が濃い道路上となる．

それぞれの手法における交通情報の配信範囲を比べると，提案手法の配信範囲が小さくなることが期待される．すなわちフラッディングを用いた交通情報配信に比べ提案手法のトラフィック量が小さくなることが期待される．

以上のことから，最も単純なフラッディングを用いた交通情報配信と比べて，提案手法はトラフィックを削減出来ることが期待できる．

4.2 交差点次転送車両指定型フラッディング

情報発生源までの移動確率の高い経路に関する情報を使わないで，プッシュ型で効率よく情報を配信する方法として，道路上の交差点毎に各分岐路上に 1 台ずつ中継車両が配置されるように，各ホップで送信側の車両が次の中継車両を指定することが考えられる[4]．この方法を交差点次転送車両指定型フラッディングと呼ぶこととする．この方法は，送信側が次の転送車両を指定する点で TDUMP とは異なる．以下，交差点次転送車両指定型フラッディングと TDUMP を比較する．

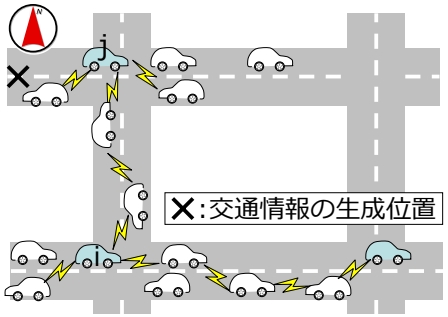

図 5 交差点次転送車両指定型フラッディング

図 5 を用いて具体的な交通情報の転送方法を説明する．左上の交差点内に存在する車両 j が交通情報を受信した場合，車両 j は，この交差点に隣接する各道路上に一台ずつ中継車両を指定し交通情報を転送する．直線道路内で次転送車両に指定された車両は，自車両より交通情報の生成位置までの距離が長くなるように次転送車両を指定し，その交通情報を配信する．左下の交差点に存在する車両 i は，この交差点の周辺に存在する複数台の車両の内，各分岐路から一台ずつ次転送車両を指定することで，交通情報の冗長な転送によるトラフィックを削減する．

交差点次転送車両指定型フラッディングと提案手法を以下に示す二つのケースにおいて比較し，提案手法の有用性について検討する．

4.2.1 Case2：車両の移動傾向があるが，車群間の距離が離れた場合

図 6 のように，車群 A,B が車両間の通信可能距離以上離れている場合を考える．

交差点次転送車両指定型フラッディングでは，車群 A,B 間の距離は車両間の通信可能距離以上であるため，車群 A,B 間では交通情報の転送が行われない．これを防ぐために，転送車両が存在しない場合，CaF を用いることを考える．このとき，車群 A の対向車線に存在する車両 i が保持する交通情報を CaF を用いて車群 B に存在する車両に対して配信することが可能となる．しかし，その交通情報を受信した車群 B はその交通情報を利用する可

© 2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-MBL-50 No.7
2009/9/11

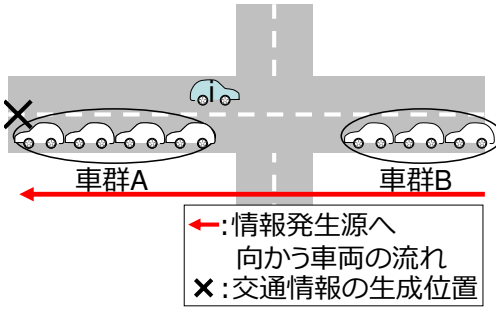

図 6 Case2：車群 A,B の距離が離れた場合

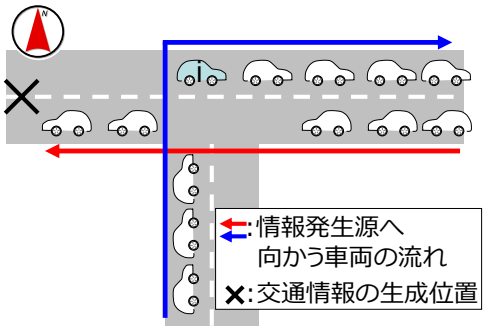

図 7 Case3：異なる地点への車両の流れが交わる場合

能性が低い場合が考えられる．

一方，提案手法において，車両 i が，車群 A から車群 B に対して CaF を用いて交通情報を配信することを考える．交通情報を受信した車群 B 内の車両は，交通情報に含まれるセグメント間移動確率を基に，自車両の現在地から交通情報の発生源までの車両移動確率を求め，それを基に交通情報の転送を決定する．このため，CaF を利用して交通情報を配信した場合においても，交通情報を受信した車両の多くがその交通情報を利用する可能性が高い車両であると期待される．

4.2.2 Case3：異なる地点への車両の流れが交わる場合

図 7 のように，異なる地点への車両の流れが交わる場合を考える．

交差点次転送車両指定型フラッディングでは，交通情報が生成され，交差点内の車両 i に対して交通情報が転送された場合，車両 i は交差点に隣接する各道路毎に 1 台の車両を次転送車両に指定する．これにより，この交差点に隣接する道路全ての車両が，その交通情報を受信することとなる．しかし図 7 の例では，交差点に南から流入する車両の多くは，その交差点を右折するという移動傾向があるため，交差点に南から流入する車両の多くは受信した交通情報を利用する可能性が低い．

一方，提案手法では，交通情報に隣接する道路セグメント間における車両の移動確率が含まれているため，交通情報を転送する車両は，この例において交通情報に対する需要が高い経路は，その交差点に対して東から流入する道路であると推測が可能である．その推測結果を基に，車両が交通情報を転送するか否かを決定するため，交通情報に対する需要が高い経路へと配信される．このため，提案手法は異なる地点への車両の流れが重なる交差点においても，交通情報に対する需要が高い道路上の車両に対して，交通情報を配信することが期待される．

5. ま と め

VANET 上でのプッシュ型交通情報配信に伴うトラフィックを削減する手法 TDUMP を提案した．TDUMP では，車車間通信で得られた現在の車両移動傾向を基に，交通情報の配信範囲を限定することでトラフィックの削減を行う．提案手法に対するセキュリティ上の問題については，現時点で未検討である．今後，セキュリティ上の問題に対する検討およびシミュレーションを用いた提案手法の有用性の検証を進める予定である．

参 考 文 献

1) Williams, B. and Camp, T.: Comparison of broadcasting techniques for mobile ad hoc networks, in proc. 3rd ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc 2002), pp. 194–205 (2002).
2) 佐藤雅明, 石田剛朗, 堀口良太, 清水克正, 春田仁, 和田光示, 植原啓介, 村井純: 実車両を用いたセンタレスプローブ情報システムによる道路交通情報生成アルゴリズムの提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 1, pp. 253–264 (2006).
3) Yashiro, T.: A New Paradigm of V2V Communication Services Using Nomadic Agent, in proc. 2nd International Workshop on Vehicle-to-Vehicle Communications 2006 (V2VCOM 2006), pp. 1–6 (2006).
4) 山中麻理子, 石原進：VANET における Geocast による要求を想定した位置依存情報の複製配布方法, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.1, pp.31–41 (2009–01)

© 2009 Information Processing Society of Japan