

VANETにおける soft-state sketch を用いた 位置依存情報の要求分布の集約性能

山田暁裕[†] 石原進[‡]

[†]静岡大学工学部 [‡]静岡大学大学院工学領域

1 はじめに

運転者にとって、渋滞や事故の状況を知ることは経路選択をする上で有用である。筆者らは、運転者が興味のある位置をカーナビ等の機器に入力した時に、Vehicular Ad hoc NETwork(VANET) を介してその位置の画像を取得し提示するシステムの実現に向けた研究を行っている [1]。このシステムの実現方法の一つとして、車両が画像を撮影する度に、画像を広範囲に配信する方法があるが、この方法では他車両が必要としない画像も配信するため限られた通信資源を浪費する。筆者らは、位置依存情報 (Location Dependent Information: LDI) に対する需要の地理的分布情報 (Demand map: Dmap) を VANET を介して車両間で交換・共有し、車両が Dmap に基づいて需要の高い LDI を選択して送信することで、効率よく LDI を配信する Demand map ベースデータ配信手法を提案してきた [2]。この手法では、Dmap の構成データ (Dmap Information: DMI) を他車両と交換するが、そのタイミング及び交換する DMI の選択は通信トラフィックや Dmap における実際の需要の再現性に影響を与える。本稿では、DMI の選択基準と交換するタイミング決定方法ならびにこれらの評価指標を提案する。

2 Demand map ベースデータ配信手法

Demand map ベースデータ配信手法では、Dmap を車両間で交換・共有し、車両が Dmap から得られる LDI の需要の地理的分布や自身の位置などに応じて LDI を選択し配信することで、効率的な情報配信を可能にする。

Dmap は、LDI に対する需要の大きさの地理的分布を表現する。Dmap では、実際の地図を格子状に分割し、各領域に固有の ID を与える (図 1(a))。図 1(a) のような需要があると、Dmap は図 1(b) のように需要の大きさを表す。

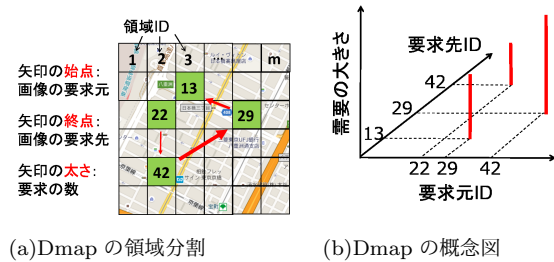


図 1: Demand map

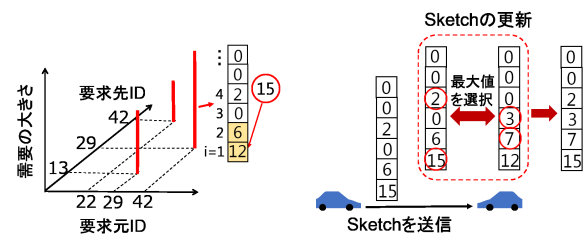


図 2: Soft-state sketch を用いた Dmap

車両が Dmap での需要の大きさを表すために、LDI の要求元・要求先 ID, 要求の生成時刻などのログデータを集め、これらに基づいて LDI に対する要求の数を数えると車両が保持するデータ量が大きくなってしまふ。そこで、Dmap 管理において車両が保持するデータ量を削減するため、確率的にデータの個数を数えるデータ構造 soft-state sketch[3] を用いて Dmap を表現する。各車両は、要求元・要求先 ID の組毎に図 2(a) に示される sketch (非負の値の配列) を数本用意する。車両は要求を生成する際、自身が現在走行している領域の ID と自身が LDI を要求する領域の ID の組と要求元・要求先 ID の組が一致する sketch の i 番目の要素を $1/2^i$ の確率で選択し、要求の有効時間に相当する値を格納する。

各車両は他車両と需要情報を共有するために、要求元・要求先の組を何組か選び、それに対応する Dmap の sketch 全てを定期的に送信するビーコン (車両の速度、位置等を記載したメッセージ) に付加する。また、車両は他車両から sketch を受信すると、自身が持つ sketch の内、受信した sketch と要求元・要求先 ID の組が一致する sketch について、受信した sketch との各要素の最

On the performance of aggregation of demands for location-dependent information using soft-state sketch in VANET

Akihiro YAMADA[†], Susumu ISHIHARA[‡]

[†]Faculty of Engineering, Shizuoka University

[‡]College of Engineering, Shizuoka University academic institute

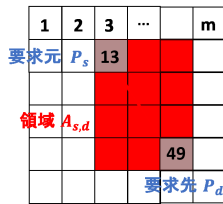


図 3: 矩形領域 $A_{s,d}$

大値をとり, sketch を更新する (図 2(b)). Sketch の各要素に格納された値 (要求の残りの有効時間) は時間とともに減少するため, より新しい要求が残る. 各要求元・要求先の組毎の要求の数は, sketch の要素 $i = 1$ からの非零の値のランレングスに基づき推定される [3].

3 Sketch の送信戦略

Dmap 交換の際に sketch を全て送信すると, 通信トラフィックが増加するため, sketch の一部のみをいくつか選択して送信すべきである. この選択は, Dmap による需要情報の再現性を損なわないように行われる必要がある. 本章では sketch の送信戦略を提案する.

3.1 Sketch を送信するタイミング

周辺に車両がない時に sketch を送信することは無駄であるため, 車両は周辺に他車両がいる時に sketch を送信すべきである. また, 車両密度が高い場合, 複数車両による sketch の同時送信によりフレームの受信失敗が起こり得る. そこで, 過去一定時間以内における sketch の更新回数が多く, 実際の需要をより反映した Dmap を保有していると推定される車両に優先的に sketch を送信させる.

車両 k はビーコンを送信する時に, ビーコンの送信時刻から過去 τ 時間における全 sketch の合計の更新回数 C_k をビーコンに付加する. ビーコンを受信した車両 v は, 現在時刻から過去 T 時間以内に自身が受信したビーコンの送信元の車両 k の全 sketch の合計の更新回数 C_k と自身の全 sketch の合計の更新回数 C_v を比較し, C_v が最大であった場合に自身が次に送信するビーコンに sketch を付加する.

3.2 送信する sketch の選択基準

要求先の位置 P_d で作成された LDI を要求元の位置 P_s に届けるには, $P_d - P_s$ 間のデータ配送経路上にいる車両がその需要を把握していることが望ましい. また, 車両はより最近の需要を反映した sketch を送信すべきである. Sketch を送信する時, 車両 v は自身が持つ sketch を更新時刻が新しい順に k 個選んで集合 L_v とする. 次に, P_s と P_d を両端とする対角線からなる矩形領域を $A_{s,d}$ (図 3), 自身の位置を P_v とした時に, $P_v \in A_{s,d}$ となる (s, d) の組を持つ sketch $S_{v,s,d}$ を L_v の中から選んで集合 L'_v とする. そして, L'_v の中からランダムに n 組の $S_{v,s,d}$ を選択する. 以下にそのアルゴリズムを示す.

When vehicle v attempts to send some sketches

```

 $L_v, L'_v \leftarrow \phi$ 
 $L_v \leftarrow$  top  $k$  recently updated sketches on  $v$ 
for all  $(s, d)$  of sketches in  $L_v$  do
  if  $P_v \in A_{s,d}$  then
    add  $S_{v,s,d}$  to  $L'_v$ 
  end
end
select  $n$  items randomly from  $L'_v$ 
    
```

4 Dmap 交換手法のための評価指標

Dmap 交換手法における Dmap の実際の需要の再現性を評価するため, 十分にシミュレーション時間が経過した時刻 t から要求の有効時間 T 以内に実際に発生した要求数と時刻 t において Dmap から算出される要求数の一致度 M を求め, 評価指標とする. この評価指標では, sketch の選択基準と同様に各要求元・要求先の組毎に矩形領域 $A_{s,d}$ (図 3) を考慮する. $A_{s,d}$ 内の車両 v において要求元 ID s ・要求先 ID d の sketch から求まる要求数を $D_{v,s,d}$, 時刻 $(t - T)$ –時刻 t 間に実際に発生した要求元 ID s ・要求先 ID d の要求の数を $R_{s,d}$ とすると, 一致度 M は以下の計算方法によって求められる. まず, $R_{s,d}$ における $R_{s,d}$ と $D_{v,s,d}$ の差の割合を $R_{s,d}$ と $D_{v,s,d}$ の非一致度とし, これにより車両 v における要求元 ID s ・要求先 ID d の要求の数の一致度 $M_{v,s,d}$ を求める (式 (1)). 次に, $A_{s,d}$ 内の車両の集合 $V_{s,d}$ における $M_{v,s,d}$ の平均 $M_{s,d}$ を求める (式 (2)). そして, 全要求元 ID s ・要求先 ID d の組の集合 F における $M_{s,d}$ の平均を求め, M とする (式 (3)).

$$M_{v,s,d} = 1 - \min\{1, |R_{s,d} - D_{v,s,d}|/R_{s,d}\} \quad (1)$$

$$M_{s,d} = \frac{\sum_{v \in V_{s,d}} M_{v,s,d}}{|V_{s,d}|} \quad (2)$$

$$M = \frac{\sum_{(s,d) \in F} M_{s,d}}{|F|} \quad (3)$$

5 まとめ

車々間アドホックネットワークを用いた位置依存情報配信のための Demand map ベースデータ配信手法における Dmap の送信戦略と Dmap 交換手法の評価指標を示した. 今後は, 現実的な交通流モデルを用いた詳細なシミュレーション評価を行う予定である.

参考文献

- [1] S. Ishihara, et al.: Demand-based location dependent data dissemination in VANETs, ACM Mobicom 2013, poster, pp.219–221 (2013).
- [2] 新英雄也, 石原進: VANET における位置依存情報に対する需要の地理的分布のビーコニングによる共有の効果, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-ITS-60, No.6, pp.1–8 (2015).
- [3] C. Lochert, et al.: A probabilistic method for cooperative hierarchical aggregation of data in VANETs, Ad Hoc Networks, vol.8, No.5, pp.518–530 (2010).