

近接車両間協調動作に基づくセルラネットワークを用いた低サーバ負荷の車載カメラ画像提供手法

松本 克也¹ 伊藤 亮輔¹ 石原 進¹

概要: 車のドライバーは, 進行予定経路上の混雑具合や事故情報などの道路情報を得ることで, 現在の道路状況に応じた運転動作をしやすくなる. 筆者らは, ドライバーの望む場所で撮影された画像をドライバーに提供することで, 経路選択や快適な運転を支援することを目的としたリアルタイム画像カーナビシステムの開発に取り組んでいる. 本論文では, VANET とセルラ網を併用し, ドライバーに対し興味のある地点 (Point Of Interest: POI) の画像を提供することで, セルラ網のみを用いた場合よりもサーバにかかる負荷を削減しシステムのスケーラビリティを向上させる手法を提案する. 提案手法は, ドライバーの欲する画像を選出するための索引情報の収集を, 車車間通信を用いた近接車両間での情報交換を利用して宛先位置付近にいる車両に行わせることで, サーバが収集する情報量を減らし, システムのスケーラビリティを向上させる. シミュレーションの結果, 提案手法は, 全車両が撮影した画像の索引情報を定期的にサーバに送信し, サーバが索引情報を基に画像を選出する方式と比べ, 低トラフィックでドライバーに画像を提供できることが確認できた.

Low server-load onboard camera image delivery scheme based on cooperation of neighboring vehicles of vehicles through vehicle-to-vehicle communication

MATSUTMOTO KATSUYA¹ ITO RYOSUKE¹ ISHIHARA SUSUMU¹

1. はじめに

行きたい場所の現在の道路状況を知ることは, ドライバーが状況に応じた経路選択をするにあたって有用であろう. 筆者らはドライバーの行きたい場所の現在の画像をドライバーに提供する「リアルタイム画像カーナビシステム」の実現を目指し, Vehicular Ad-hoc NETwork(VANET)を用いて個々の車両が生成する情報を共有する手法の開発を行っている [4]. リアルタイム画像カーナビでは, ドライバーが音声入力やタッチ操作を用いて興味のある地点を入力すると, 入力された地点で撮影された画像を VANET の通信を介して取得し, ドライバーにその画像を提供する. しかしながら, VANET を用いた情報配信は車両密度や車両の移動に大きく影響を受ける. 車両密度が低い環境では, 周辺に車両がないため他車両と IEEE802.11p 等の車両間の無線リンクを介した情報交換が行えないことがあ

る. また, 車両の移動によりトポロジが動的に変化するため, 車両が遠隔地にいる車両から情報を得ようとしても, 遠隔地にいる車両に要求メッセージを送信し, 情報が返送されるまでに車両の移動による経路の切断が生じ, 要求車両が求める情報を受け取れないという問題がある. これらの問題は広範囲の情報提供を行うシステムにとって大きな障害である.

これらの問題の影響を避けるため, セルラ網を用いたリアルタイム画像カーナビの実現が考えられる. セルラ網を用いた道路情報配信サービスは既に実用化されているが [1], 大きな交差点や高速道路のジャンクション等システム側であらかじめ設定された場所で撮影された画像のみを提供するため, 任意の場所で撮影された画像を提供することができない. また, 車両がセンサにより収集した道路情報をサーバに送信することを前提とし, サーバから車両に向けて道路情報を配信する集中型のシステムが提案されているが [5], サーバが全ての車両から定期的に情報を収

¹ 静岡大学大学院 工学研究科 数理システム工学専攻

集するためサーバの処理負荷が増加し、システムのスケーラビリティが低下する。近年では、モバイル端末ユーザーの増加やコンテンツサイズの増加による広域通信網のトラフィックの急激な増加が見込まれており [3]、セルラ網を用いたリアルタイム画像カーナビシステムの実現には、ドライバーが望む画像を選択するための情報収集にかかる通信コストが課題となる。

本稿では、広い範囲の情報提供を行うとともに、セルラ網の通信資源消費とサーバの処理負荷を抑制するため、セルラ網と VANET を組み合わせてドライバーに車載カメラで撮影した画像を提供する手法を検討する。VANET では、車両間もしくは車両-インフラ間でネットワークを構築するために中短距離の無線通信を用いるため、狭域での通信ならば携帯電話網のような広域通信網を利用せずに通信を行うことができる。提案手法では、ドライバーの要求を満たす画像を選出するための情報収集を車両が車間通信を用いた隣接車両との情報交換により行い、要求を満たす画像の索引情報のみを車両からセルラ網を介してサーバに送信することで、全ての索引情報をサーバで管理する集中型のシステムよりもサーバの処理負荷を抑えシステムのスケーラビリティを向上させる。

以下、2章では、本研究の背景となるセルラ網を用いたドライバーに道路交通情報を配信する手法について述べる。3章で本稿で目的とする車載カメラ画像提供システムについて述べ、4章で本稿で提案する VANET とセルラ網を併用した低サーバ負荷の車載カメラ画像提供手法について述べる。5章では、シミュレーションによる提案手法の性能評価について述べ、6章で本稿をまとめる。

2. 関連研究

本研究では、ドライバーに事故や渋滞などの道路交通情報をドライバーに提供することで、ドライバーの経路選択を支援し、心理的負担を軽減する道路情報配信サービスの開発を目的としている。現在では、セルラ網や FM 多重放送、光ビーコンを利用した道路情報提供手法が提供・実用化されている [1][2]。また、ドライバーがセンサやカメラなどで生成した車両をサーバに集約し、事故情報や駐車スペースの空き情報を配信するサービスが提案されている [7][8]。しかし、これらのサービスのように車両が生成する情報を集約し、配信するシステムでは、サーバの処理負荷が増えシステムのスケーラビリティが低下してしまう。そこで、セルラ網を用いた道路情報配信システムのスケーラビリティを向上させるための手法が提案されている。

Santa らは、道路を細かいエリアに分け、エリアの内の道路情報を管理する環境サーバと、各エリア内で利用なサービスを管理するグループサーバの二種類のサーバを用いてシステムを階層化することで、一つのサーバにかかる負荷を抑えつつドライバーに道路情報を提供する仕組みを提案

している [6]。このシステムではサーバを階層化することで、負荷を分散させスケーラビリティを向上させるだけでなく、ドライバーとサーバの地理的な距離を短くしており短い遅延でサービスを提供することができる。しかしながら、このシステムでは広範囲の情報提供を行う場合、多くの環境サーバを設置する必要があり、それらの設置・維持にかかるコストが問題となる。

安達らは、車両の移動経路を予測し、車両が取得すべき情報とセルラ網と VANET のうち適切な情報取得通信方法を指示するシステムを提案している [9]。このシステムでは、全車両が生成した情報の索引情報をサーバに送信することで、サーバが全ての情報の生成位置や時刻、情報を生成した車両の ID を把握する。そして、全車両の移動経路と車両が取得すべき情報を予測し、なるべく通信コストの低い VANET を利用して情報取得を行わせることで、セルラ網のトラフィックを減らしている。しかしながら、このシステムではドライバーが取得する画像をサーバが決定するため、我々の目指すシステムとは大きく異なる。

3. 想定サービス

本研究では、ドライバーが興味のある地点で車載カメラにより最近撮影された画像を提供するサービスの開発を目標としている。広範囲に存在する車両により場所を問わず生成される情報を集約し、ドライバーに配信するためには、VANET 単体ではなく広域セルラ網を主体として用いることが現実的である。本稿では、全車両が車両前方に取り付けられた車載カメラで定期的に画像を撮影するものとし、ある地点で撮影された画像を要求する車両は要求メッセージ (例：この先の交差点が知りたい) をセルラ網を介してサーバに送信することでシステムに要求を伝え、要求に合致する画像 (例：ドライバーが指定した交差点を走行した車両が撮影した画像) をセルラ網を用いてサーバに返送させることでドライバーの望む画像を提供するシステムの設計を目指す。

本章では、想定するサービスの前提条件を示し、セルラ網を用いたシステムの基本構造を示す。さらに、同システムの実現上の課題を示す。

3.1 前提条件

以下に本稿で想定するシステムにおける前提条件を示す。

- 画像の撮影
車両は一定時間 (T_{cap} 秒) ごとに車載カメラにより画像を撮影し、自身の持つデータベースに保存する。画像撮影時には、撮影位置、撮影時の進行方向、撮影車両 ID、撮影時刻、画像の ID を含む索引情報を生成し、各車両が持つデータベースに加える。
- 要求の定義
ある地点で撮影された画像を所望する車両は、画像の

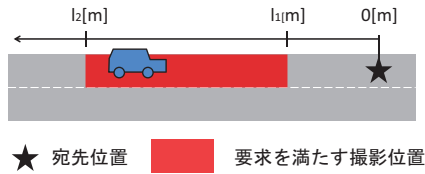


図 1 要求を満たす画像の定義

撮影条件と要求車両の ID を含む要求メッセージをセルラ網を介してサーバに送信する。撮影条件は、ドライバーが所望する撮影位置、撮影方向、要求生成時刻、からなる。これ以降、ドライバーが所望する撮影位置を宛先位置と呼ぶこととする。以降、要求を満たす画像のことを要求満足画像と呼ぶ。

● 要求を満たす画像の判定基準

ドライバーが指定した位置座標と完全に同じ場所で最近画像が撮影されているとは限らない。そのため、要求に対する許容マージンを与える。本稿では、図 1 内の赤く塗りつぶされた部分（宛先位置から $l_1 \sim l_2$ m 手前）で、要求車両が要求メッセージで指定した向きで撮影され、要求発生時点での画像の生成からの経過時間が T 秒未満であるもの、つまり画像の古さが T 秒未満であるものを要求を満たす画像と定義する。

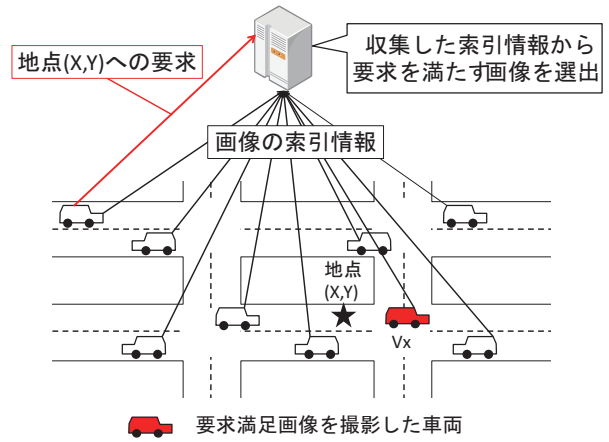
● 位置情報の登録

車両は定期的に自身の現在位置、進行方向、ID を含む位置更新メッセージをセルラ網を介してサーバに送信する。サーバは車両から位置更新メッセージが送信された時に返送する形でのみ車両に情報配信を行うものとする。

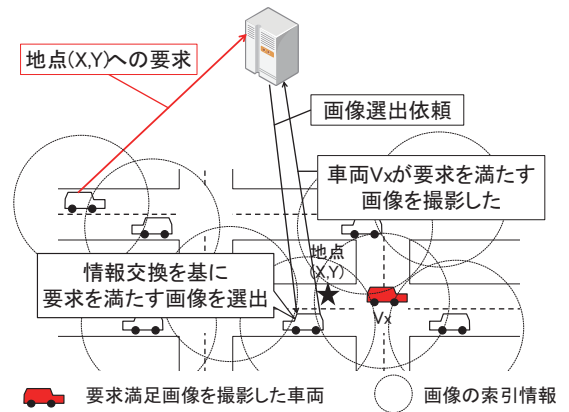
3.2 単純なシステムの実現方法

本稿で想定するサービスを実現する最も単純な方法として、全車両が撮影するたびに撮影した画像をサーバに送信し、ドライバーの要求に対してサーバが車両から収集した画像の中から要求満足画像を返送する方法が考えられる。しかしながら、この全画像送信方法では各車両が撮影した画像を全てサーバに送信するため、サーバの処理負荷が増加するだけでなくセルラ網の通信資源の浪費につながる。

全画像送信方式よりもセルラ網資源の消費を抑えた方法として、車両が画像本体をサーバに送信するのではなく、データサイズの小さい索引情報をサーバに送信する方法が考えられる。これ以降、この方法を全索引情報収集方式と呼ぶこととする。この方式では、図 2(a) のように車両は画像を撮影するたびに撮影した画像の索引情報をサーバに送信する。サーバは車両から送信される画像の索引情報をデータベースに保存する。車両から要求を受信したサーバは、データベースに保存された索引情報と前述した要求満足画像の条件を比較し要求満足画像の ID を選出する。その後、サーバは選出された画像を撮影した車両の中で、最



(a) サーバによる画像選出



(b) 車両群による画像選出

図 2 要求満足画像選出手法

も早く位置更新メッセージを送信してきた車両に画像転送要求メッセージを送信し、返送された画像を要求車両から位置更新メッセージを受信した時に提供する。このように、車両がサーバに送る情報を画像本体ではなく、画像よりもデータサイズの小さい索引情報にすることで、前述したサーバで全車両が撮影した画像を収集する方法よりもセルラ通信資源の消費量を抑えることができる。

3.3 問題提起

全索引情報収集方式では、車両が画像本体よりもデータサイズの小さな索引情報をサーバに送信することで、セルラ網の通信資源の消費を抑えている。しかしながら、全索引情報収集方式では、各車両が撮影した全ての画像の索引情報をサーバに送信するため、車両の台数が増加するとサーバの処理負荷が増大する。これは、車両が撮影した画像の中でどの画像が将来的に他車両から利用されるかわからず、車両が撮影したすべての画像の索引情報もサーバにアップロードするためである。サーバの処理負荷を低下させシステムのスケーラビリティを向上させるためには、ドライバーが必要とする画像の索引情報のみがセルラ網を介してサーバに送信されることが理想的である。そこで、本

稿ではセルラ網とVANETを併用し、ドライバーに対し車載カメラで撮影された画像を提供する手法を提案する。

4. 提案手法

4.1 概要

想定システムを前章で説明した図2のような全索引情報収集方式で構築すると、全車両がサーバに対し撮影した画像の索引情報を送信するためサーバの負荷が増加する。そこで、全車両が撮影した画像の索引情報を全てセルラ網を介してサーバに送信するのではなく、要求満足画像を選出するための索引情報の収集を車車間通信を用いた近接車両との情報交換を利用して宛先位置付近にいる車両に行わせ、選出された要求に合致する画像の索引情報のみを宛先位置付近にいる車両がセルラ網を介してサーバに送信することで画像を選出する手法を提案する。

提案手法では、車両が定期的に自身を持つ画像の索引情報を車車間通信でのブロードキャストにより近隣の他車両と索引情報の交換を行い、他車両から受信した索引情報を自身のデータベースに保存することで周辺車両が撮影した画像を把握する。ドライバーから要求メッセージを受信したサーバは、図2(b)のように宛先位置付近にいる一部の車両に要求満足画像の選出を依頼する。画像選出を依頼された車両は、自身が撮影した画像と他車両から受信した索引情報を基に、要求満足画像を撮影した車両のIDと画像の索引情報のリストを返送する。車両から要求満足画像を撮影した車両のIDのリストを受信したサーバは、このリストを基に要求満足画像を撮影した車両に対し画像の転送を依頼し、転送された画像をドライバーに提供する。

以上のように、提案手法では、車車間通信による情報交換を利用して要求満足画像を選出し、その画像の索引情報のみをセルラ通信を介してサーバに送信することでサーバの処理負荷を抑制する。

4.2 索引情報の交換

車両は一定時間 (T_B 秒) ごとに自身が撮影した画像の索引情報と他車両から受信した索引情報の中から、 N 個の索引情報をビーコンに付加し、車車間通信を用いてブロードキャストする。ビーコンに付加する索引情報を選択する基準として、新しいものを優先的に選択する、ビーコン送信車両の現在位置から撮影位置に近いものを優先的に選択する、隣接車両が持っていないものを優先的に選択する、など様々な基準が考えられる。本稿では、特定の基準を定めない。他車両から索引情報が付加されたビーコンを受信した車両は、ビーコンから索引情報を抽出し、自身の持つデータベースに索引情報を保存する。

4.3 セルラ網を用いた画像取得手順

本節では、提案手法における詳細な画像取得手順を示す。

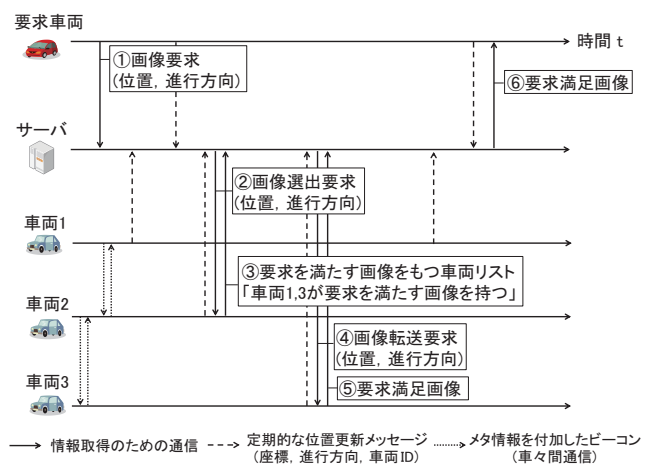


図3 画像取得のタイムチャート

また、図3に具体例を示す。同図では、車両1と車両3が要求車両の要求に合致する画像を持っているものとする。また、車両2は車両1、車両3と索引情報の交換を行っている。なお、以下の手順中の通信は全てセルラ網を介して行われる。

- (1) 要求車両は興味のある地点の位置、撮影方向、要求生成時刻を含む要求メッセージをサーバに送信する(図3:①)。要求メッセージを受信したサーバは、要求メッセージに対する問い合わせ領域を設定する。問い合わせ領域は、宛先位置周辺の領域であり、サーバは問い合わせ領域内に含まれる車両から位置更新メッセージを受信したとき、その車両に対して問い合わせを行う。問い合わせ領域の設定例については、5.2で述べる。
- (2) 車両から位置更新メッセージを受信したサーバは、位置更新メッセージに記載された位置が問い合わせ領域内にある場合、その車両に対し問い合わせメッセージを送信する。手順(2)は手順(4)が終了するまで行う。問い合わせメッセージには、要求位置、撮影方向、要求生成時刻が含まれている(図3:②)。
- (3) 問い合わせメッセージを受信した車両は、3.1で示した判定基準にしたがって要求満足画像の索引情報を自身のデータベースに保存された索引情報の中から選出する。その後、サーバに対して要求満足画像を撮影した車両のIDと索引情報のリストを返送する(図3:③)。図3では、車両2は車両1、車両3と索引情報の交換を行っており、車両1と車両3が要求満足画像を撮影していることを把握している。したがって、サーバは宛先位置付近にいる車両2に問い合わせることで、直接問い合わせをしていない車両1、車両3が画像を持っていることを把握することができる。この時、問い合わせメッセージを受信した車両2が要求満足画像を持っていた場合、車両2は要求満足画像を返送する。サーバは手順(6)を行う。
- (4) 位置更新メッセージを受信したサーバは、位置更新

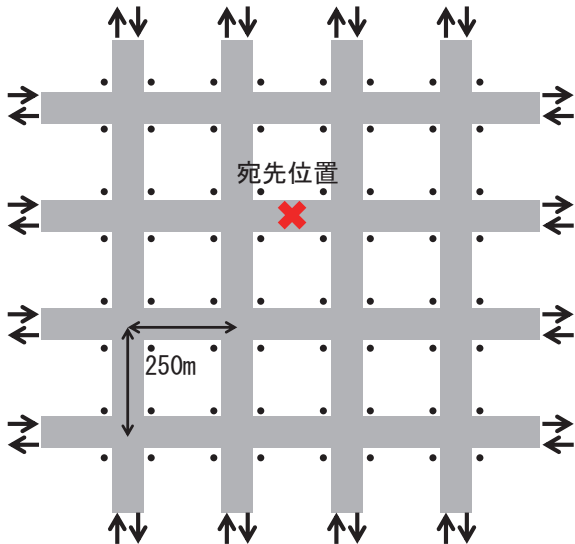


図 4 シミュレーション領域

メッセージを送信した車両の ID と返送された要求満足画像を持つ車両の ID を比較する。車両 ID が一致した場合（つまりその車両が要求満足画像を持っている場合）画像転送要求メッセージを送信する。画像転送要求メッセージには手順 (3) で取得した索引情報に記載された要求満足画像の ID が含まれている (図 3 : ④)。

- (5) 画像転送要求メッセージを受信した車両は、メッセージに記載された ID の画像をサーバに送信する (図 3 : ⑤)。
- (6) サーバは要求車両から位置更新メッセージを受信した際に、画像を返送する (図 3 : ⑥)。

5. シミュレーション評価

提案手法の効果を確認するため、離散事象シミュレータ Scenargie[10] を用いて性能評価を行った。本章ではシミュレーション環境とその結果について述べる。

5.1 環境設定

図 4 のような二次元平面上に東西、南北に 4 本ずつ片側一車線の道路が走る地図を想定する。全道路の両端合わせて 16 箇所には流入点と流出点があり、車両は流入点から発生する。車両の移動経路は交通流シミュレータ SUMO[11] を用いて生成した。シミュレーションは 3000 秒間行った。国土交通省が平成 24 年で行った交通センサス [12] で示された都道府県道等の平均交通量を基に、シミュレーション全体で 2667 台の車両が発生するものとした。全交差点には信号が設置されており、青 31 秒、黄 3 秒、赤 26 秒の周期で状態が移行する。車両は信号に従い最高速度 50[km/h] で走行する。各車両が交差点で左右各 15% で進路を変更するものとし、車両の追い越しは行われないものとする。

車両は 1 秒ごとに一度自身の現在位置を確認し、図 4 中

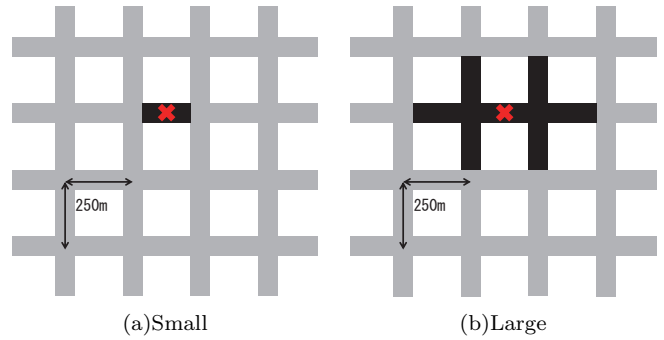


図 5 問い合わせ領域の設定

の宛先位置と現在位置間の距離が 100[m] 以内であれば画像を生成する。この画像撮影間隔は、図 4 中の宛先位置を走行する車両が、5.2 で設定する要求満足画像の判定基準に合致する画像を撮影するのに十分な値である。画像のデータサイズは 100[kBytes]、索引情報のデータサイズは 100[Bytes] とした。

全車両は IEEE802.11p 規格に基づいて車車間通信を行うものとした。車両が送信するビーコンには索引情報を 5 個付加するものとし、5 秒ごとに車車間通信を用いてビーコンをブロードキャストする。本評価では、車両は自身が持つ索引情報の中からビーコン送信時の現在位置と撮影位置間の距離が短いものを優先的に選択し、ビーコンに付加するものとした。

セルラ網を用いた通信は場所にかかわらずどこにいても可能であり、接続遅延は 5 ミリ秒、通信速度が 320kbps であり、常に通信は成功するものとした。車両は 10 秒ごとに位置更新メッセージをセルラ網を介してサーバに送信する。位置更新メッセージのデータサイズは 50[Bytes] とした。

要求メッセージは、100 秒ごとにランダムに選出された 1 台の車両から送信されるものとし、宛先位置で東向きに走行する車両が撮影した画像を要求することとした。要求はシミュレーション時刻 500 秒から発生するものとした。

5.2 判定基準の設定

画像選出を依頼する車両の判定基準と要求満足画像の判定基準を以下のように設定した。

- 画像選出を依頼する車両の判定基準
 - 画像選出を依頼する領域として以下の二つを用いる。
 - Small
宛先位置を含む道路セグメントを問い合わせ領域とする。(図 5(a) 黒塗部分)
 - Large
宛先位置を含む道路セグメントとそれに隣接する道路セグメントを問い合わせ領域とする。(図 5(b) 黒塗部分)
- 要求満足画像の判定基準

筆者らは、ドライバーにとって有用な画像の撮影条件を越させるため、交差点を対象に車両から交差点までの距離を変えて車載カメラにより撮影した画像を用いて、ドライバーにとって交差点の状況が良く分かる画像をアンケートにより選択させた [13]。その結果、交差点から 20m 手前で撮影された画像が、最もドライバーが交差点の状況を把握しやすいという知見が得られた。このことから、3.1 で定義した $l_1=10$, $l_2=30$ とした。また、 $T=60$ 秒とした。

5.3 比較手法

本評価では、以下の 2 手法を比較手法として用いる。

- 全索引情報収集方式 (3.2 節)
- 索引情報交換無し方式

この方式では、提案手法と同様に、サーバは宛先位置周辺にいる車両に問い合わせを行う。提案手法の特徴である周辺車両との情報交換により画像を選出することの有用性を示すため、この方式では車両間の情報交換は行わない。すなわち、問い合わせメッセージを受信した車両は、自身が撮影した画像の中から要求満足画像を選出し、サーバに返送する。

5.4 評価指標

以下の評価指標について評価を行った。

- セルラ網のトラフィック

シミュレーション時間中にセルラ網を介して転送されたバイト数をセルラ網のトラフィックとする。位置更新メッセージと画像の索引情報、画像の 3 種類のデータの通信にかかったトラフィックが含まれる。具体的には、車両からサーバに索引情報が送信された回数を a_1 、車両からサーバに位置更新メッセージが送信された回数を a_2 、車両からサーバに画像が送信された回数とサーバから車両に画像が送信された回数の和を a_3 とし、索引情報のデータサイズを S_1 、位置更新メッセージのデータサイズを S_2 、画像データサイズを S_3 とすると、トラフィック $L[\text{Bytes}]$ は次式で与えられる。

$$L = a_1 S_1 + a_2 S_2 + a_3 S_3 \quad (1)$$

- 平均応答遅延

ドライバーが要求メッセージを生成してから画像の受信が完了するまでの時間を応答遅延と定義し、全要求に対する応答遅延の平均を求めた。

5.5 シミュレーション結果と議論

図 6、図 7 は位置更新メッセージ送信間隔を変更した場合のトラフィックと平均応答遅延を表している。それぞれの値は、10 回のシミュレーションの平均値である。今回のシミュレーション条件では、全ての要求に対して要求満足

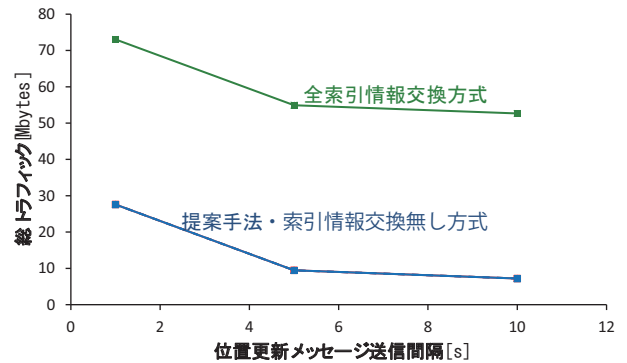


図 6 セルラ網のトラフィック (位置更新メッセージ送信間隔変更)

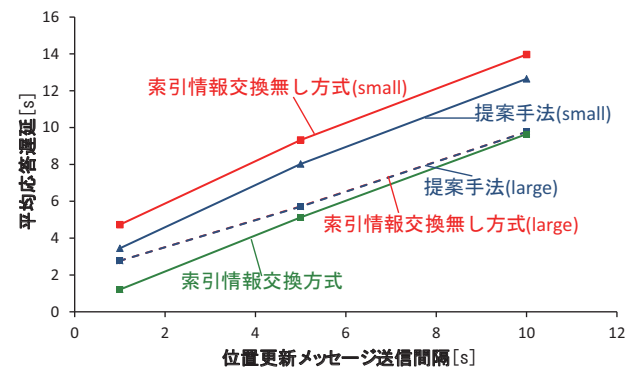


図 7 平均応答遅延 (位置更新メッセージ送信間隔変更)

画像を提供することができた。図 6、図 7 から、索引情報収集方式が、最も応答遅延が短く、トラフィックも多いという結果になった。全索引情報収集方式では、サーバが全車両が撮影した画像を把握しており最も地点の小さくなるものをドライバーに提供する。したがって、応答遅延については全索引情報収集方式の値を下限値とすることができる。

提案手法と索引情報交換無し方式を比較すると、提案手法のほうが応答遅延が小さくなっていることが分かる。これは、提案手法では隣接車両との索引情報を交換し、他車両から受信した画像の索引情報を要求満足画像の選出に利用するため、サーバは問い合わせ領域外に存在する車両が要求満足画像を持つことを把握することができることを表している。

提案手法と全索引情報収集方式の結果を比較すると、提案手法のほうが応答遅延が長くなり、トラフィックが少なくなっていることが見て取れる。これは、提案方式ではサーバから画像選出依頼を受信した車両が要求満足画像を撮影した車両と索引情報を交換していない場合、サーバに対して要求満足画像の存在を伝えることができないため、要求満足画像の選出に時間がかかるためだと考えられる。

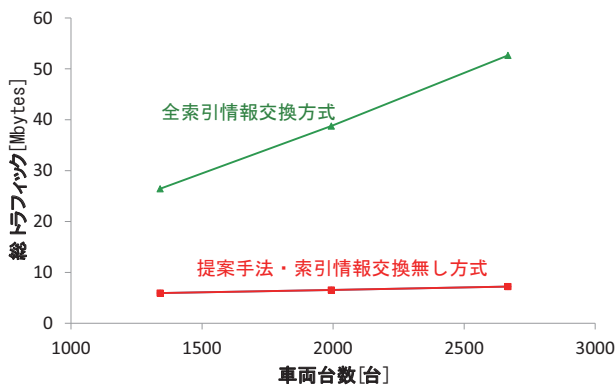


図 8 セルラ網のトラフィック (車両台数変更)

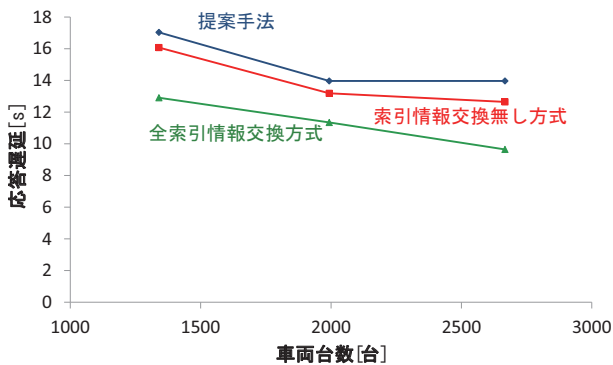


図 9 平均応答遅延 (車両台数変更)

図 7 から、提案手法は位置更新メッセージ送信間隔が短いほど、全索引情報収集方式との応答遅延の差も低くなるのがわかる。また、問い合わせ領域を広くとるほど応答遅延が小さくなる傾向があることがわかった。このことから、提案手法は位置更新メッセージ送信間隔が短いほど、問い合わせ領域が広いほど性能が向上するといえる。ただし、問い合わせ領域を広くするとサーバが多くの車両に画像選出を依頼することとなり、サーバの処理負荷が増加するため、宛先位置付近の車両密度や画像生成間隔により問い合わせ領域の大きさを調節する方法や、問い合わせ領域を広く設定し確率的に問い合わせ対象の車両を選択する方法が考えられる。

図 8、図 9 は位置更新メッセージ送信間隔を 10 秒、問い合わせ領域を Small とし、車両流入台数を 1340 台、1993 台、2667 台に変更した場合のトラフィックと平均応答遅延を表している。図 8 から、提案手法は車両密度が高い環境ほど全索引情報と比べセルラ網の通信資源消費を抑えることができることが確認された。また、図 9 から、提案手法では車両密度が低い地域ほど、応答遅延が増加することが

確認された。これは、車両密度が低いほど車両間で情報交換を行うことができず、要求満足画像を選出するまでに時間がかかることを表している。

6. まとめ

本稿では、セルラ通信を用いて車載カメラ画像を提供するシステムにおいて、ドライバーの要求に対して宛先位置付近にいる車両間で要求満足画像を選出し、選出された画像の索引情報を基にサーバで低遅延でドライバーに提供可能な画像を選択し、ドライバーに提供する手法を提案した。提案手法では、画像の選出を宛先位置付近にいる車両間で行い、要求満足画像の索引情報のみをサーバで収集することで、セルラ網の通信資源消費とサーバの処理負荷を軽減し、システムのスケーラビリティを向上させることができる。

本稿では、要求の宛先位置を固定とし、かつ宛先位置周辺でのみ画像が撮影される環境下で提案手法の基礎的な評価を行った。シミュレーションの結果、全索引情報収集方式と比べ、セルラ網の通信トラフィックが削減されていることを確認した。一方で、提案手法ではサーバがドライバーから要求メッセージを受信した後に要求満足画像の選出を行うため、全索引情報収集方式よりも平均応答遅延が大きくなることが分かった。提案手法の平均応答遅延は、車両が位置更新メッセージ送信する頻度を高くすることで応答遅延を短くすることができるが、車両が位置更新メッセージを高頻度で送信することでセルラ網の負荷が大きくなる。

提案手法では、サーバが車両から要求メッセージを受信した後に、宛先位置付近にいる車両間の情報交換に基づいて要求満足画像を選出するため、宛先位置付近の車両密度が低い等、車両間で索引情報の交換を十分に行えない環境では、要求満足画像の選出が行えない恐れがある。そのため、他車両と索引情報を交換する機会が限られる場合でも要求満足画像を選出するために、車両がビーコンに付加する索引情報を選択する基準を検討する必要がある。

本稿では、簡単のために要求の宛先位置を固定し、宛先位置付近でしか画像が撮影されない環境化での評価を行った。今後、複数の地点に対する要求が発生し、広範囲で画像が生成される条件下において、提案手法の性能評価を行う必要がある。

7. 謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究 B「リアルタイム画像カーナビのための効率的車々間データ配信技術(課題番号 23300024)」の助成によるものである。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- [1] パイオニア, スマートループアイ,
<http://pioneer.jp/carrozzeria/cybernavi/avic-vh0009hud.avic-zh0009hud/smartloop/> (2014.05.09 確認)
- [2] Waze: <https://www.waze.com/ja/> (2014.05.10 確認)
- [3] ITU-R Report M. 2243: Assessment of the global mobile broadband deployments and forecasts for International Mobile Telecommunications, (2011).
- [4] Okamoto, J., and Ishihara, S.: Distributing Location-Dependent Data in VANETs by Guiding Data Traffic to High Vehicle Density Areas, IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2010), pp. 189–196 (2010).
- [5] Hoh, B., Gruteser, M., Xiong, H. and Alrabady, A.: Enhancing Security and Privacy in Traffic-Monitoring Systems, IEEE Pervasive Computing, Vol. 5, pp. 38–46 (2006).
- [6] Santa, J., F. Gomez-Skarmeta, A. and Sanchez-Artigas, M.: Architecture and evaluation of a unified V2V and V2I communication system based on cellular networks, Computer Communications, Vol. 31, pp. 2850–2861 (2008).
- [7] Mathur, S., Kaul, S., Gruteser, M., Trappe, W.: ParkNet: a mobile sensor network for harvesting real time vehicular parking information, Proceedings of the 2009 MobiHoc S 3 workshop on MobiHoc S 3, ACM, pp. 25–28 (2009).
- [8] White, J., Thompson, C., Turner, H., Dougherty, B., and Schmidt, D.: WreckWatch: Automatic Traffic Accident Detection and Notification with Smartphones, Mobile Networks and Applications, Vol. 16, no. 3, pp.285–303 (2011).
- [9] 安達佳明, 梅津高朗, 山口弘純, 東野輝夫: 車両の移動予測モデルに基づく通信コスト最適な車両情報共有システム, DICO2013, pp. 1491–1502 (2013).
- [10] SPACE-TIME ENGINEERING,
<https://www.spacetime-eng.com/jp/index.html>
(2014.05.01 確認) .
- [11] SUMO: Simulation of Urban MObility, <http://sumo-sim.org/> (2014.05.07 確認).
- [12] 国土交通省, 道路交通センサ一般交通量調査の概要, pp. 1-8 (2011).
- [13] 伊藤亮輔, 大貫斗士, 松本克也, 石原進: リアルタイム画像カーナビのための車載カメラ画像の自動選択方法, 第 76 回情報処理学会全国大会, 5U-7 (2014).