

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700082

研究課題名（和文） 車車間通信を用いた情報流布アルゴリズムの効率化

研究課題名（英文） Improvement of data dissemination algorithm
for vehicle to vehicle communication

研究代表者

植原 啓介（UEHARA KEISUKE）

慶應義塾大学・環境情報学部・准教授

研究者番号：30286629

研究成果の概要（和文）：

本研究においては、メモリ使用量を最小限に抑えつつ効率的な DTN を実現するアルゴリズムを考案し、シミュレーションによって検証を行った。また、スマートフォンなどのデバイスを用いて、実環境における情報伝達実験を実施し、スマートフォンなどの BYOD でも車車間通信が実現できることを検証した。

研究成果の概要（英文）：

In this research, new DTN data dissemination algorithm that use very small amount of memory was proposed. It is evaluated using network simulator. In addition, evaluation of using smart phone in vehicle-to-vehicle communication was done. The result shows vehicle-to-vehicle communication can be realized using BYOD.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、計算機システム・ネットワーク

キーワード：モバイルネットワーク技術、ITS、車車間通信、DTN

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、プローブ情報システムあるいはフローティングカーデータ（FCD）と呼ばれる、車両が持つ情報を統計処理して渋滞情報等を作り出すシステムが実用化された。近年の自動車は 1 台あたり約 300 個のセンサ/スイッチ情報を持つと言われている。このような本来走行に利用される情報を、通信ネットワークを介して共有することで、路側センサの敷設のみでは不可能であった細街路の状況取得までが可能となっている。

一方で、センタサーバ設備の通信負荷や計

算負荷の増大が懸念されている。国内だけでも約 8,000 万台の自動車が存在しており、常時 2,000 万台程度が走行している。これらの自動車の多くがセンサ情報をサーバに送信した場合、その通信容量は現在 LAN や WAN の構築で利用されている通信メディアの最大通信帯域である 10Gbps を超えるものとなり、サーバ構築に支障を来す。そこで、エリア毎に情報を集約した上でセンタサーバに情報を送る仕組みが必要とされている。

(2) 通信量やセンタサーバにおける計算量を

削減するための仕組みの1つとして、車車間通信を活用した分散システムの構築が検討されている。センタサーバに情報を送る前に、あらかじめエリア毎に情報のある程度集約し、まとまった情報のみをセンタサーバで処理する分割統治型のアプローチである。車車間通信を用いることは、センタサーバの負荷軽減以外にも、郊外などの広域通信が使えない場所においても動作可能という面でメリットがある。国外においては、独のBMW社が2002年に車車間通信を活用したプローブ情報システムとしてDecentralized Floating Car Dataのコンセプトを打ち出している。しかし、当該プロジェクトは成果を公開することなく終了した。また、Wischhofらは、高速道路において渋滞を検知するシステムに適用するための通信プロトコルとしてSegment-oriented data abstraction and dissemination (SODAD)を提案している。国内においては、斎藤、塚本らが先行経路上の道路情報取得用通信プロトコルとしてそれぞれSDRPやRMDPを提案している。これらの研究は主にすれ違い時の通信効率の向上を目指した研究であり、プローブ情報システムのための効率的な情報共有のための情報流布アルゴリズムという視点でみると改良の余地がある。

また、Delay and Disruption Tolerant Network (DTN)と呼ばれる、やはり移動体の地理的移動を活用した通信ネットワークの研究が盛んに行われている。本研究も移動体の地理的移動を利用しているという点では本分野に近いが、宛先が明示的に指定されていないという違いを持つ。

2. 研究の目的

本研究では、車車間通信を活用した車両における情報共有のための情報流布アルゴリズムの効率化を図る。現在、プローブ情報システムと呼ばれる、車両が持つ情報を統計処理して渋滞情報等を作り出すシステムが実用化された。しかし、今後車両数が増えると、センタサーバ設備の負荷が大きくなることが懸念されている。本研究においては、車車間通信を活用することによって、車両側で情報を予め集約し、センタ設備の負荷を減らすことを可能とするための近接通信アルゴリズムの開発を目指す。本分野の研究は、海外ではドイツの自動車メーカー等で、国内では学術研究として実施されているが、適用範囲が限られており、より一般化が求められている。

3. 研究の方法

本研究の特徴は、大規模な部分はシミュレーションによって、実際の無線電波伝搬における影響評価については実測によってアルゴ

リズム等の評価をしていることである。

情報流布アルゴリズムについては、メモリを最小限に抑えつつ効率のよい流布を行うためのアルゴリズムを考案し、これをシミュレータで評価しながらアルゴリズムの改良を進めた。

また、一方では、実世界における無線に関する影響の計測を、スマートフォンなどの今後実際に車載器として使われる可能性のあるデバイスを用いて実施、同軸ケーブルを使って接続した複数の無線デバイス間での理想状態における無線通信の挙動の検証、の2つの手法で実施した。

4. 研究成果

(1) DTN用シミュレーション環境を行った。まず、シミュレーション環境の構築では、シミュレーションのベースソフトウェアとして、The Oneシミュレータ及びNS3の調査をおこなった。The OneはDelay-Tolerant Networkに特化したシミュレータであり、おおざっぱな動作検証を行うのに向いていることが分かった。また、NS3は比較的微小なシミュレータであり、狭い空間に限った無線動作のシミュレーションに向いていることがわかった。今回の目的で利用する為にはある程度の動きをThe Oneでシミュレーションし、その上に情報流布アルゴリズムを構築することとした。また、細かな動作確認にはNS3を活用することとした。

開発したプロトコルは、データの生存時間を分割し、その片方のみを活性状態にし、もう片方を不活性状態にすることによって、通信量を抑えつつ、効率的なデータ転送を実現するものである。その概念を図1に示す。

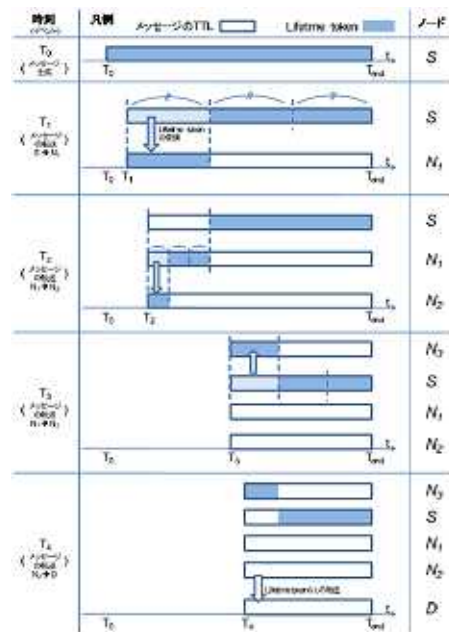


図1 メッセージの転送と生存時間の移譲

また、本手法を用いた際のシミュレーション結果を図2に示す。この図より提案手法である LtD+PRoPHET はメモリ（ストレージ）の使用量と転送回数を低く抑さえ、且つ他の手法に劣らないメッセージ到達率を実現していることがわかる。

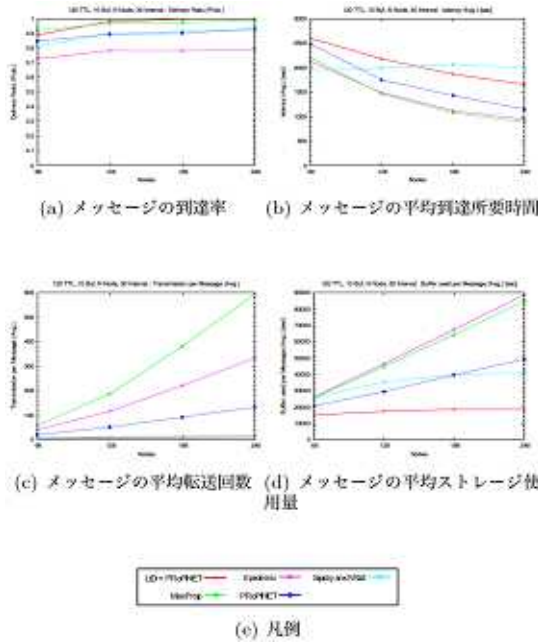


図2 ノード数の変化に伴う影響の比較

(2) また、2010年度は当初、シミュレーション環境の構築と既存アルゴリズムの検証を行う予定であった。しかし、既存アルゴリズムの検証を行うにあたって、昨今普及が急速に進んでいるスマートフォンもターゲットに入れた方が良いと判断し、シミュレーション環境の構築とスマートフォンの基礎データの調査を行った。

実環境下においてスマートフォンやタブレット PC を用いて車車間通信に活用できるかを検証した。検証した結果、無線リンクとしては最大で約 200m の通信距離を確保することができ、問題なく車載機として活用できることがわかった。一方で、スマートフォン等は鞆やポケットに入れたままにされることが多く、GPS による位置の検出が難しい。よって、位置が検出できない時でも効率的に動作するアルゴリズムが必要なことが明らかとなった。このため、スマートフォン向けのアルゴリズムを開発し、動作検証をおこない、良好に動作することを確認した。実環境における計測結果を図3に示す。

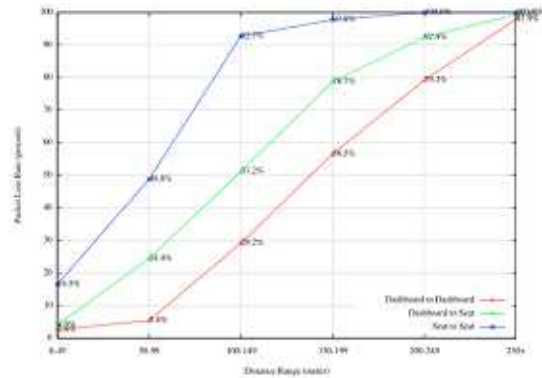


図3 距離に応じたパケットロスの割合

(3) 2011年度は、より実環境に近いシミュレーションを実施するため、タクシーの実走行履歴を使ったシミュレーションを行った。すれ違い通信に関するシミュレーションでは、ランダムウォークモデル、ランダムウェイポイントモデル等のモデル化されたモビリティモデルを使うのが一般的であるが、これらは車両の動きのモデル化とは言い難い。そこで、研究者が 2002 年に名古屋において実施したプローブ情報システムに関する研究において取得したタクシーの実走行軌跡を用いてシミュレーションを行った。

シミュレーションを行うにあたり、まず、車両の走行軌跡データの特徴を抽出した。当然ではあるが、一般的な（人工的な）モビリティモデルと比較した場合、車両同士のコンタクト数が周期性を持つことが解った。さらに、非常に良くコンタクトする車両ペアがある一方で、殆どコンタクトのない車両も存在し、その分布がおおよそ冪乗則に従うことがわかった。このことから、情報流布モデルを考える場合には、過去の履歴からコンタクト数の多い車両を洗い出し、その車両に集中的に情報を伝達することが全体の情報流布の効率を高めることにつながる事が予想できる。本結果によって、次の段階の研究においては、このような知見を活かして情報流布アルゴリズムの改良することが可能となった。

2011年度に開発した情報伝達のためのアルゴリズムとしては、メモリ使用量を小さく抑さえ、且つ到達率を維持するようなアルゴリズムを考案した。これを前述のシミュレータによって検証したところ、先行研究の結果と比べ、車両の走行のようなモビリティモデルでは、到達率を維持しつつメモリの使用量を抑えることができるとわかった。また、この傾向は車両の台数が増加すれば顕著になる傾向を示している。

(4) また、GPS を持たないあるいは GPS によって位置が補足できないトンネル内を走行中などのノードを活用するため、位置が不明

なノードを活用するための仕組みを導入した。本手法では、位置がわかる場合はその位置を活用して、わからない場合はメッセージを受信後すぐに再送信することによって効率を高めている。本手法を用いることによって、40%程度の位置がわからないノードが混在した場合でも、多くのパケットをロスなく流布できることがわかった。計測結果を図4に示す。

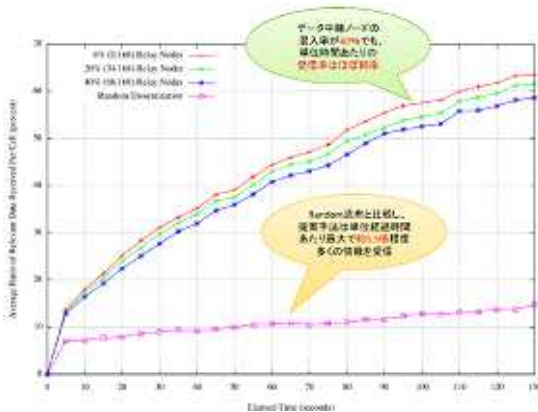


図4 単位経過時間あたりの平均受信率

(5) 2012年度は、実際に無線通信システムを用いた場合の現象の調査を行い、より高性能な通信を行うための手法の開発を行った。現在のインターネットプロトコルを用いた通信では、インターネットプロトコル層、データリンク層、物理層がそれぞれ完全に独立しており、また、それぞれの層で最適となるようにパラメータ調整が行われるため、例えば再送がデータリンク層とインターネットプロトコル層の双方で起きる等のコンフリクトにより、通信効率の低下を招いている。そこで、様々なパターンにおいて理想環境で通信状況を計測し、問題点の把握をおこなった。また、マルチホップ通信環境化における通信性能の計測も行い、ホップ数の増加に伴って、理想値より急速に性能低下が起きることが確認できた。また、上記の状況を鑑みて、幾つかのメッシュネットワークプロトコルに関する計測をおこなった。計測を行ったプロトコルは商用に使われている CISCO 社の独自プロトコル、AODV、OLSR、B.A.T.M.A.N などである。計測環境の制限から、幾つかのプロトコルに関しては良好な結果は得られなかったが、商用のプロトコルは性能を犠牲にして安定した通信ができるようにパラメータ調整されており、一方研究で使われているプロトコルは理想環境を想定しているため、結果として極限られた環境下でしか高い性能を得ることができないことがわかった。これらの知見より、リアルタイム系のマルチホップ通信プロトコルは性能維持が難しく、

2011年度までに開発したような、ストア&フォワード型のプロトコルが車車間通信においては特に望ましいことがわかった。また、シミュレータにおいては、無線部分のシミュレーションを細かく行っても、実環境をうまく反映できておらず、シミュレーション分野における新たな研究の余地があることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計3件)

- ・ 波多野敏明、植原啓介、DTNにおける複製削減のためのライフタイム委譲を用いた複製管理手法の提案、インターネットコンファレンス 2011、2011年10月27日
- ・ Dan Sawada, Masaaki Sato, Keisuke Uehara, and Jun Murai, "iDANS: A Location Based Information Dissemination Platform for Ad-Hoc Networked Smartphones", 11th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), 24th Aug. 2011
- ・ 澤田暖、佐藤雅明、植原啓介、村井純、iDANS: スマートフォンを用いた車両間アドホックネットワークにおける位置情報に即した情報流布基盤、情報処理学会 第44回高度交通システム研究会 (ITS) 予稿集、2011年3月10日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

植原 啓介 (UEHARA KEISUKE)
慶應義塾大学・環境情報学部・准教授
研究者番号: 30286629

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし