

道路交通網状でパケット配送を実現する 車々間通信を併用した距離ベクトルルーティング

阪口紘生^{†1,a)} 吉廣卓哉^{†2,b)} 柴田直樹^{†1,c)} 伊藤実^{†1,d)}

VANET では位置情報を利用して宛先位置までパケットを届けるジオメトリックルーティングが主流であるが、ジオメトリックルーティングでは宛先までの通信路を確保するために一定以上の車両密度が必要であり、都市部にのみ適用が可能である。車両密度が低い郊外を対象とする場合に適応可能な、Delay Tolerant な経路制御も提案されているが、宛先までの高いパケット到達率を保証することができないため、実用には不十分である。我々は先行研究において、路側に、広域ネットワークに接続しない低コストな無線基地局を設置し、基地局間を車両を用いてマルチホップ通信することにより任意の宛先地点まで高信頼なパケット配送を行う新たな車々間ネットワークの形態を提案し、そのうえで動作するルーティング手法を提案した。具体的には、無線基地局をルータ、車両をパケットのキャリアと見なし、距離ベクトル型ルーティング法を拡張して適用することで、都市部と郊外の両方においてシームレスに適用でき、基地局間の高信頼なマルチホップ通信を実現するルーティング手法を提案した。さらに、交通量に応じて道路のメトリックを計算し、これを考慮して転送経路を選択することにより、より交通量の多い道路を用いてパケットを転送し、宛先までのスループットと遅延性能を向上するルーティング手法を提案した。しかし、これらの手法は、車両を伝送媒体として使用しているため、スループットや遅延性能は車両速度に依存する。本研究では、先行研究での手法に加え、車々間通信を併用する事で、スループットや遅延性能の向上を図る。また、これにより交通量の多い都市部では、車々間通信による高速な通信が、交通量の少ない郊外では、DTN による信頼性の高い通信が実現出来る。

1. 研究背景

道路交通社会の発展に伴い、高度道路交通システム(ITS: Intelligent Transport Systems) と呼ばれる様々なシステムやサービスが考案されている[1]。日本では現在、これらは、路側に設置された狭域通信機器や光ビーコン、電波ビーコン等を用いた情報通信システムにより提供されることが多い[2][3]。しかし、これらシステムにより通信範囲を拡大し、国内の道路全体をカバーするには膨大なコストがかかることが問題である。

そこで近年、低コストに通信範囲を拡大できる手法として、車両同士がその場で自律的にネットワークを構築するVANET(Vehicler Ad-hoc NETwork)に関する研究が盛んに進められている[4]。VANET におけるルーティング手法のひとつとして GPS などから位置情報を取得し宛先の方向にパケットを転送するジオメトリックルーティングがある[5][6]。しかし、これらは道路内の車両密度が低い郊外では宛先までの経路を確保できない問題がある。郊外においては、通信可能範囲に車両が存在しない場合でも、Carry and Forward により他の車両と出会ったときに通信し、パケットの損失を防ぐ手法が提案されている[7]。この方法は、遅延が大幅に増加する代わりに宛先までの到達率を向上できるが、車両密度が低い郊外では宛先まで高確率にパケットを転送することは難しい。

そこで筆者らは、道路交通網上の主たる交差点に、有線ネットワークに接続されない固定の無線基地局を設置し、車両を伝送媒体として基地局間でパケットを交換する新た

なネットワーク形態を提案し、そのネットワーク上で動作する距離ベクトルルーティング手法を提案した[8]。この手法は、比較的安価な無線基地局を用いることで、都市部か郊外かにかかわらずシームレスに適用でき、かつ高い確率でパケットを配送する高信頼なネットワークを実現する。さらに、スループットや遅延性能向上のため、交通量をもとに道路のメトリック値を計算し、交通量の多い道路を優先的に選択することで、スループットと遅延性能を向上する手法を提案した[9]。しかし、文献[8][9]では、パケットの転送速度は伝送媒体である車両の移動速度に依存する。そのため、交通量の多い都市部において車両間でパケットを転送することで、スループットや遅延性能の向上が期待出来る。

そこで本稿では、同一方向に走行する前方車両に向かってデータパケットを転送する事で、交通量の多い都市部では高速にパケット転送が可能であり、交通量の低い郊外では従来通りに高確率なパケット転送が可能となる手法を提案する。

2. 筆者らの先行研究

文献[9]で筆者らは、交通量をもとにメトリック値を算出し、交通量の多い道路を優先的に経路選択する手法を提案した。提案した手法では、まず各基地局が車両を介して、自身と自身に隣接する基地局の情報を交換し合う。これにより、各基地局は2ホップ離れた基地局までの存在を知り、2ホップ前、1ホップ前にどの基地局を通過したかを知る事ができ、各経路に対する通過車両台数を計測する事ができる。次に、各基地局は、計測した通過車両台数を隣接する基地局に車両を用いて送信する。基地局が全ての隣接する基地局からこの情報を受信すると、ある隣接基地局を通過して来た車両が、次にある隣接基地局へ向かう確率を計算する事ができる。この確率を車両によって複数ホップ離れ

†1 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology (NAIST)

†2 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

a) sakaguchi.hiroki.rs5@is.naist.jp

b) tac@sys.wakayama-u.ac.jp

c) n-sibata@is.naist.jp

d) jito@is.naist.jp

た基地局に送信することで、ある基地局を通過して来た車両が複数ホップ離れた基地局に到達する確率がわかる。さらに、1 ホップ前の基地局から到達した車両数と、この確率を組み合わせ、複数ホップ離れた基地局までの交通量を見積もり、先行研究ではメトリック値として、交通量の逆数を用いた。このメトリック値を距離ベクトルルーティング手法に基づいて車両を用いて広告することで、交通量を考慮した経路表が完成する。

しかし、先行手法では前述の通り、車両を伝送媒体とするため、スループットや遅延性能は車両の移動速度に依存する。そこで本稿では、スループットや遅延性能の向上させるため、車々間通信の併用を検討する。

3. 提案手法

提案手法では、先行手法に加え、車両同士での車々間通信を併用する。具体的には基地局から次の中継点（宛先）となる基地局までの間を、前方を走行する車両にパケットを転送し、中継点となる基地局を発見すると、車両から基地局にパケットを転送する。つまり、車両は、次の2つのモードを切り替えながら走行する。

- 1) Road mode
- 2) Base mode

Road mode では基地局は自身の可視範囲に存在する車両のうち、進行方向が同じで最も中継（宛先）基地局の近くに存在する車両にパケットを転送する。

車両は走行中に基地局からビーコンを受け取ると、Base mode へ切り替わる。Base mode では、車両-基地局間で、経路表作成のための制御パケットの送受信や、データパケットの送受信を行う。これにより、交通量が一定以上存在するとき、スループットや遅延性能の向上が期待出来る。

4. 現在取り組んでいる事

現在、提案手法を実装した自作のシミュレータを用いて、先行研究[9]での手法との性能比較実験を行っている。これにより、提案手法によって、スループットや遅延性能がどの程度向上するかを明らかにし、提案手法が、車両の密度に影響されず、広域で適応可能であることを示し、インフラとして確立できる手法を目指す。

5. 実験環境

交通量の粗密の混在する道路において、文献 [9]による先行手法と提案手法の性能を比較する。実験は図1に示す道路交通網により行い、基地局は各交差点に設置されているものとする。図1の道路のうち、太線で示した道路は交通量が多く、それ以外は交通量が少ない道路である。すべての道路は片側二車線の道路であり、各交差点には信号機が設置される。また、車両のモビリティは交通シミュレー

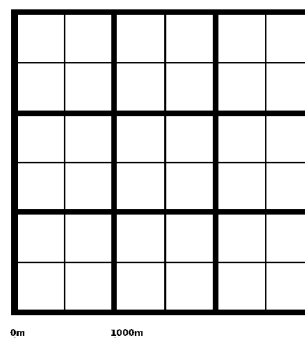


図1:実験に用いる道路交通網

タ SUMO を用いて作成する。道路は幹線道路であることを想定し、車両は直進する確率が 90%、右左折する車両はそれぞれ 5%とする。ネットワーク通信に関するシミュレーションには自作したシミュレータを用い、車々間および、車両-基地局間の帯域は十分あるものと仮定し、通信は必ず成功するものとする。

6. 今後の課題

本実験シナリオは理想的なマンハッタンモデルを用いた実験であり、現実的な道路状況に即しているとは言いがたい。そこで、本手法が現実的な道路環境において、適応可能か否かを検証する必要がある。また、Epidemic Routing や既存の VANET ルーティングプロトコルとの比較を行い、有効性を確かめる必要がある。

参考文献

- 1) 杉本和敏他, “特集：モビリティの進化,” 情報処理 2013 年 4 月号, Vol.54, No.4, pp.288-349 (2013).
- 2) 国土交通省：ITS スポットサービス (オンライン), 入手先, http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot_ds/src/index.html (参照 2013-5-10)
- 3) VICS (オンライン), 入手先 <http://www.vics.or.jp/index1.html> (参照 2013-5-10)
- 4) G. Karagiannis, O. Altintas, E. Ekici, G. Heijenk, B. Jarupan, K. Lin, and T. Weil, “Vehicular Networking: A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol.13, No. 4 (2011).
- 5) Brad Karp, H. T. Kung. : GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks, *Proc. Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking (MobiCom2000)*, pp216-254 (2000).
- 6) Lochet, C., Mauve, M., Fusler, H. and Hartenstein, H.: Geographic routing in city Scenarios, *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, Vol.9, Issue 1, pp.69-72 (2005).
- 7) Jing Zhao and Guohong Cao, : VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in Vehicular Ad Hoc Networks, *IEEE INFOCOM '06* (2006).
- 8) 阪口 紘生, 吉廣 卓哉, 柴田直樹, “道路交通網上でパケット配送を実現する距離ベクトルルーティング,” 情報処理学会マルチメディア・協調・分散とモバイル DICOM シンポジウム, pp. 2E-3, (2013) .
- 9) 阪口 紘生, 吉廣 卓哉, 柴田直樹, “道路交通網上でパケット配送を実現する交通量を考慮した距離ベクトルルーティング,” 第 21 回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, pp201-209 (2013)