

アドホックネットワーク上の周辺情報配布における 情報受信による経路変更を考慮した フラッディング制御について

藤井 俊 充^{†1} 加 治 充^{†2} 佐々木 勇和^{†1}
原 隆 浩^{†1} 西尾 章 治 郎^{†1}

アドホックネットワークにおいて周辺に情報を配布するためのアプローチの一つに、フラッディングを用いる方法がある。筆者らはこれまでに、少数の固定端末が存在する環境を想定し、周辺情報を必要とする端末が存在しない方向への配布を抑制するための ack-carry 方式によるフラッディング制御手法を提案した。しかしこの手法では、受信確認 (ACK) を配布元となる固定端末に直接返信することで配布範囲を決定しているため、渋滞情報といった受信後に経路を変更する情報には適用できない。そこで本稿では、周辺情報を受信した移動端末が経路を変更する状況を想定して、効率的に周辺情報を配布するフラッディング制御手法を提案する。提案手法では、情報を受信した移動端末が、最後に情報を経由した固定端末に ACK を直接返信し、ACK を受信した固定端末がフラッディング範囲を拡張していく。これにより、周辺情報の受信後に移動端末が経路を変更する場合でも、効率的に情報を配布できる。提案手法の性能評価をシミュレーションにより行い、有効性を確認した。

On Flooding Control considering Route Change of Mobile Nodes for Location-based Information Dissemination in Ad Hoc Networks

TOSHIMITSU FUJII,^{†1} MITSURU KAJI,^{†2} YUYA SASAKI,^{†1}
TAKAHIRO HARA^{†1} and SHOJIRO NISHIO^{†1}

Flooding is one of the most fundamental approaches to deliver information that is likely to be of interest to surrounding mobile nodes in mobile ad hoc networks. In our proposed work, we have proposed a flooding method that uses some fixed nodes to suppress transmissions of information to unnecessary nodes. In this method, when a mobile node passes near the source node of

the received information, it sends an acknowledgement (ACK) directly to that node. By doing so, the source node can recognize the directions from which many mobile nodes move to the source node. However, in a situation that a mobile node will change its route on receiving the information message (e.g., the information on traffic jam), the source node cannot receive an ACK from the node. In this paper, we propose another flooding method that disseminates the information efficiently in such a situation. In the proposed method, when a mobile node receives some information, it sends an ACK to the fixed node that relayed the information for the last time. The fixed node expands the flooding area to the area where many mobile nodes which are interested in the information exist. We confirmed the effectiveness of our proposed method through some simulations.

1. はじめに

近年、IEEE802.11 や Bluetooth を始めとする無線通信技術の発展と、PDA (Personal Digital Assistant) や携帯電話などの計算機の小型化や高性能化に伴い、ユーザが携帯型の端末を持ち歩き、時間や場所に関係なくネットワークに接続できる環境が普及しつつある。そこで、携帯型の端末を保持する歩行者や車のドライバーに、周辺の交通情報や店の割引情報などの地域に密着した情報を提供することを想定した研究やサービス開発が数多く行われている。例えば、渋滞情報や事故情報を周辺の車や歩行者へ迅速に配布することで、渋滞回避による温暖化ガス排出量の削減、事故の回避や移動の高度化が期待されている。しかし、固定のネットワークを使用する ITS (Intelligent Transport Systems) は、そのインフラ構築コストの高さから普及が進んでない。車車間通信などの移動端末のみで構成されるアドホックネットワークの研究も盛んであるが、ネットワークごと移動してしまった場合には、ある場所で発行された周辺情報をその場所の付近に残しておくことが困難であるなど、実用化には未解決の課題も多い。

そこで筆者らは、これらの問題を解決するアプローチとして、少数の固定端末と多数の移動端末から構成されるアドホックネットワークを想定し、効率的な周辺情報配布手法を提案

^{†1} 大阪大学 大学院情報科学研究科 マルチメディア工学専攻
Department of Multimedia Engineering, Graduate School of Information Science and Technology,
Osaka University

^{†2} パナソニック株式会社
Panasonic Corporation

した¹⁰⁾。この手法では、周辺情報を必要とする端末が存在しない方向への配布を抑制するために、ack-carry 方式によるフラッディング制御手法を行っている。ack-carry 方式では、情報を受信した端末がその情報の発生地点を通過する際、配布元である固定端末に受信確認 (ACK) を送信する。これにより、ACK を受信した配布元の固定端末が、フラッディングを延長すべき方向つまり自身の付近を通過する端末が存在する方向を把握することができ、効率的な周辺情報の配布が可能となる。しかし一般的には、渋滞情報や事故情報などの情報を受信した端末は、配布元を避けるように経路を変更することが考えられる。この場合、文献 10) の提案手法では ACK を配布元に返すことができず、配布すべき範囲を把握することができない。

そこで本稿では、周辺情報を受信した移動端末が経路を変更する状況において、効率的に周辺情報を配布するフラッディング制御手法を提案する。この手法では、情報を受信した移動端末は、その情報が有益であった場合（元々、情報の配布元の位置を通過する予定であった場合）、最後に情報を経由した固定端末に ACK を直接送信する。このような ACK を多く受信した固定端末は、自身の方向に情報を必要とする端末が多く存在すると判断し、今後、情報を経由する際に TTL をリセットすることでフラッディングを延長する。このようにすることで、情報の発生地点を通過する予定の（情報を必要とする）移動端末が多い方向に存在する固定端末のみ TTL をリセットし、周辺情報の配布範囲を適切に拡張できる。また、ACK を受信した固定端末は、自身より一つ前で情報を経由した固定端末にリセットメッセージを送信する。このメッセージを受信した固定端末は、自身が転送を行った後で TTL をリセットする固定端末が存在すると判断し、この端末から削除メッセージを受信するまで、TTL をリセットし続けるようにする。削除メッセージは、TTL のリセットをやめることを報告するメッセージで、自身が TTL をリセットする端末となってから一定時間、ACK およびリセットメッセージを受信しなかった場合に、一つ前の固定端末へ送信する。このようにすることで、交通流の変化に対応することを可能とする。

以下では、第 2 章で関連研究を紹介し、本研究との比較を行う。第 3 章で本稿の想定環境について述べ、第 4 章で従来手法について説明し、第 5 章で提案手法について詳細に説明する。第 6 章でシミュレーション実験の結果を示す。最後に第 7 章で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

情報の受信者が取得したい情報を事前に特定できない場合には、情報の配布元から一定の

範囲にフラッディングなどで配布する方法が有効である。フラッディングは、配布元からブロードキャストによる情報配布を行い、それを受信した端末が次々とブロードキャストによる再転送を行う手法である。容易に多くの端末に情報を配布できる一方、単純なフラッディングでは多数の冗長なメッセージが送信される。アドホックネットワークでは、通信帯域が限られているため、転送するデータ量が多い場合、パケット衝突による転送遅延の増大やスループットの低下が発生する。そのため、フラッディングの効率化に関する研究が多く行われている²⁾⁻⁵⁾。しかしこれらの研究では、密なアドホックネットワークにおいて、ブロードキャスト転送を行う端末を少なくしつつ、ネットワーク内の端末全てに情報を配布することを目的としており、どの端末が情報を必要としているかは考慮していない。

また、疎なアドホックネットワークでは、マルチホップ通信のみで目的地へ情報を転送できるとは限らない。文献 8) では、ferry と呼ばれる特定経路を巡回する移動端末が情報の転送を援助する。ferry 以外の端末は ferry の移動経路を分かっているものとし、送信する情報はまず ferry に転送する。他端末から情報を収集した ferry は、目的地もしくは他の ferry へその情報を転送する。文献 8) のような車両がパケットを保持したまま移動し、新たな転送相手が現れると転送を再開する手法は carry-and-forward と呼ばれ、自動車により構成されたアドホックネットワーク (VANET: Vehicular Ad hoc Networks) のように移動が激しい環境においても、情報の転送成功率を向上させることができる。文献 7) では、carry-and-forward 手法において転送遅延時間を抑える 2 つの手法を提案している。これらの手法では、各端末の移動速度や道路ごとの平均移動速度などの交通情報を用いて、移動端末が情報を自身で運ぶか、転送するかを決定する。さらに、文献 1) では、転送する情報を一時的に保持しておくために、各交差点に固定端末を配置することを想定している。固定端末は、情報を転送するのに最適な方向に移動端末が存在しない場合、その方向に向かう移動端末が現れるまで情報を保持しておく。これにより、目的地までの転送遅延時間が少ないルートで、情報を転送することが可能となる。また、マルチパスルーティングアルゴリズムを提案することにより転送遅延時間をさらに抑えている。文献 9) では、情報を保持する端末との接触機会が多くなるように固定端末を配置する方法を提案している。これら研究は、一部のパケットを保持して移動する点や固定端末を利用する点で、本研究と類似している。しかしこれらの既存研究では、carry-and-forward や固定端末を、ネットワーク分断への耐性を目的として利用しており、無駄な情報配布を抑制するための配布範囲の決定に利用する本研究とは異なる。また、本研究は GPS やデジタル地図情報の利用を前提とせず歩行者への情報配布にも適用できるという点でも、VANET を対象としたこれらの研究とは

異なる。

3. 想定環境

本章では、本稿で想定する環境について説明する。

3.1 端末の構成

情報が配布される移動端末に加えて、交差点の信号機や道路上の街灯のいくつかに設置された少数の固定端末が存在するものとする。また、移動端末および固定端末は無線によるマルチホップ通信のみを用いる。必ずしも固定端末のみでメッシュネットワークを構築できないため、移動端末も中継を行う必要がある。なお、評価においては、固定端末は全て道路上にあり無線の到達半径の約 1.5 倍の間隔で存在するものとした。

3.2 周辺情報の配布方法

配布すべき情報は、情報の発生地点から最も近い固定端末に転送され、その固定端末が配布元となる。配布元の固定端末からは、ブロードキャストされた情報を受信した端末が次々とブロードキャストによって再転送する、フラッディングを用いた配布を行う。フラッディングによる配布は、情報の更新の有無に関係なく定期的に行うこととする。これは、配布を開始した時点で、配布範囲に存在していない移動端末にも確実に周辺情報を届けるためである。そのため、別経路で中継されてきた同じ周辺情報（同じタイミングで配布された情報）を受信した場合は再転送しないが、定期的なフラッディングされる周辺情報を違うタイミングで受信した場合にはその都度、再転送する。

3.3 移動端末の移動特性

実際の人や車の移動では、交差点や道路などの物理的な構造に従って、多くが目的地に向かって最短距離を移動する。これらの道路構造および目的地には一般に偏りがある。そこで本研究では、情報の発生地点を通過する移動端末がその地点までに用いる経路に偏りがある環境を想定する。これら移動経路の偏りを発生させる要因を移動端末の移動特性と呼ぶ。移動特性は、配布した情報が有効であり移動端末がそれに基づき経路を変更することで変化する場合と、通行止めや道の建設などにより変化する場合が考えられる。有効な情報を配布したことにより変化する場合ではその方向に配布を続けなければならないが、それ以外では配布を抑制しなければならない。

4. 従来手法

本章では、筆者らが文献 10) において提案した ack-carry 方式によるフラッディング制御

手法について説明する。

この従来手法では、3 章で述べたように少数の固定端末が存在し、情報の発生地点付近を通過する可能性が高い移動端末に効率よく情報を配布するために移動端末からの ACK を用いる。以下に従来手法の手順を述べる。

4.1 フラッディングの初期状態

配布元となる固定端末は、周辺情報がどこに存在する移動端末に必要とされるのかまだ分からないため、配布する範囲を制限するために基準 TTL (Time To Live) を小さな値に設定したフラッディングにより情報を配布する。TTL の初期値は配布元からの転送回数の上限値であり、転送される度に 1 ずつ減少していき、TTL が 0 となった情報は転送されない。各固定端末は情報を中継する度に自身の識別子を情報に添付して転送する。移動端末が中継する場合には、自身の識別子は添付しない。添付した固定端末の識別子は、後述するフラッディングの拡張において使用される。

4.2 移動端末による受信確認の運搬 (ack-carry)

情報を受信した移動端末は、その情報の発生地点を通過する際、配布元である固定端末に ACK を直接送信する。ACK には、自身が受信した情報に添付されていた識別子（各固定端末が中継する度に追加した識別子）を添付する。これにより、ACK を受信した配布元の固定端末は、配布元に向かって移動する移動端末が多い経路付近に存在する配布元以外の固定端末を把握することができる。この時、中継した端末の識別子と共に ACK を受信した時刻を記憶しておく。既に記憶していた識別子が ACK に添付されていた場合、記憶している時刻を最新のものに更新する。

4.3 フラッディングの拡張

ACK を受信した配布元の固定端末は、ACK に添付された識別子をフラッディングを延長する端末として、次の配布時に情報に添付してフラッディングを行う。周辺情報を中継する固定端末は、配布元から添付されてきたリストに自身の識別子が含まれていた場合には、TTL の値を基準 TTL にリセットして再送信する。含まれていない場合には、4.1 節で説明した手順で再送信する。これらの処理により、情報を配布する範囲を、配布元に向かって移動する端末が存在する方向に拡張することが可能となる。

図 1 は、固定端末 H_i が配布元となり TTL の初期値を 3 としたフラッディングにより周辺情報を配布している様子を示す。固定端末 H_j および H_k から情報を受信した移動端末が、配布元の端末 H_i に対して ACK を返信した後、新たに固定端末 H_k の識別子を添付することで端末 H_j 、 H_k が TTL をリセットし、フラッディングを拡張している。

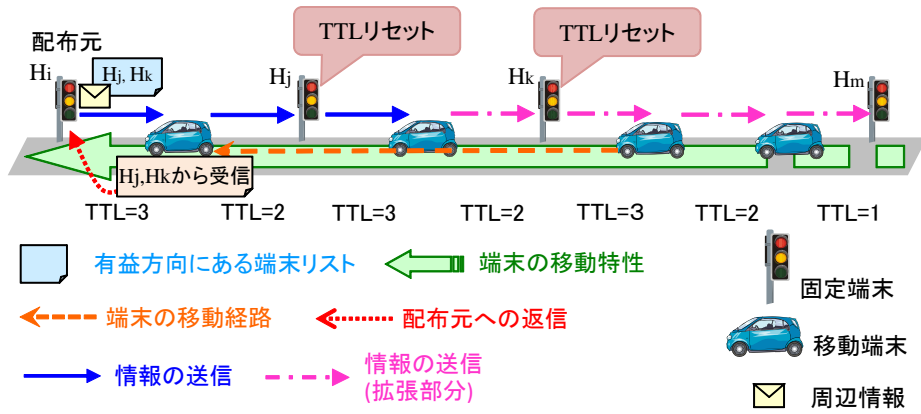


図 1 ack-carry 方式による情報配布
Fig. 1 Information dissemination with ack-carry

4.4 タイムアウト

配布元の固定端末は、ACK で通知された固定端末の識別子を、最後に通知された時刻と共に記憶している。その時刻からの経過時間が基準値より大きくなった場合には、記憶していた識別子を削除する。この処理により、状況変化によって移動端末が来なくなった方向へ周辺情報が配布されなくなる。

従来手法では、有効な情報を受信した移動端末がその配布元に直接 ACK を返すことで、配布元が配布すべき範囲を把握している。しかし一般的に、渋滞情報や事故情報などの情報を受信した端末は、配布元を避けるように経路を変更することが考えられる。この場合、受信した情報が有効であったにも関わらず、ACK を配布元に返すことができず、フラッディングを拡張することができないという問題点がある。

図 2 は、情報を受信した端末が経路を変更する場合の従来手法の動作を示している。端末 H_k 付近で受信した端末が経路を変更することで、ACK を配布元の固定端末 H_i に返信できなくなる。そのため、時間が経過するとタイムアウトにより、端末 H_i が保持する端末リストから H_j, H_k の識別子が消去され、有益な情報にも関わらず H_k 付近まで情報が転送されなくなる。

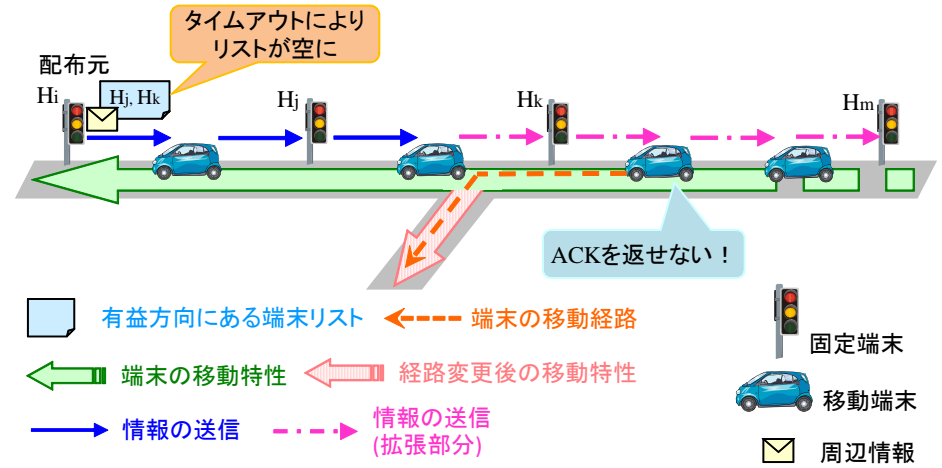


図 2 経路を変更する場合の ack-carry 方式
Fig. 2 Ack-carry in the case of changing a route

5. 提案手法

本章では、まず提案手法におけるフラッディングの初期状態について述べる。その後、移動端末による受信確認 (ACK)、およびフラッディングの拡張について説明する。最後に、移動特性の動的な変化に対応するためのメッセージ処理について説明する。

5.1 フラッディングの初期状態

初期状態では、基本的に従来手法と同様のフラッディングにより情報を配布する。ただし、提案手法では配布元の識別子の加えて固定端末が中継する度に、最後に経由した固定端末としてその識別子を添付する (全固定端末の識別子は添付しない)。各固定端末は、受信時点で添付されていた識別子を、自身より一つ前で経由した固定端末として記憶しておく。この識別子は、後述する移動特性の動的な変化へ対応するための使用される。移動端末が中継する場合には、自身の識別子は添付しない。

5.2 移動端末による受信確認 (ACK)

移動端末が初めて周辺情報を受信した時、その情報が有益な情報、つまり、通過する予定の地点に関する情報であった場合、添付されている最後に情報を経由した固定端末に ACK

を返信する．これにより，ACK を受信した固定端末は，配布元に向かって移動する予定の移動端末が存在する経路付近に，自身が存在していることを把握できる．移動端末からの ACK を受信した固定端末は，自身が TTL をリセットすることを伝えるリセットメッセージを，受信情報に添付されている「自身より一つ前で情報を経由した固定端末」に送信する．リセットメッセージを受信した固定端末は，リセットメッセージを受け取ったことと，リセットメッセージの送信元の識別子を記憶しておく．提案手法では，固定端末が TTL をリセットすることで配布範囲を拡張していくが，ACK を受信した固定端末が，既に TTL をリセットする端末になっていた場合は，改めてリセットメッセージを送信することはしない．これは，無駄なメッセージの返信を削減するためである．同様の考えから，移動端末が別の場所で同じ配布元からの周辺情報を再受信した時や別経路で中継された同じ周辺情報を受信した時は，ACK を返信しない．ただし，ACK を送信するしないに関わらず，TTL が 1 以上であれば移動端末も中継を行う．

5.3 フラディングの拡張

周辺情報を中継する固定端末は，移動端末から ACK を受信している場合および他の固定端末からリセットメッセージを受信している場合，TTL の値を基準 TTL にリセットして再送信する．その他の場合には，5.1 節で説明した手順で再送信する．移動端末が中継する場合は，通常の手順で中継を行う．これらの処理により，移動端末が情報を受信した後に経路を変更する場合でも，配布元に向かって移動する端末が存在する方向に配布範囲を拡張することが可能となる．

図 3 は，固定端末 H_i が配布元となり TTL の初期値を 3 としたフラディングにより周辺情報配布を行っている様子を示す．固定端末 H_k から情報を受信した移動端末が，最後に経由した固定端末である H_k に対して ACK を返信した後，固定端末 H_j に続き H_k も次回配布時から TTL をリセットし，さらにフラディングを拡張している．また，配布範囲の拡張により H_k 付近で受信した端末は，配布元を避けるようにして新たな移動特性に従い移動するようになる．

5.4 移動特性の変化に対応するためのメッセージ処理

5.1 節から 5.3 節で説明した手順だけでは，配布する情報とは無関係な理由によって移動端末が来なくなった方向へも周辺情報が配布されたままとなる．そこで，配布する必要がない方向への配布を抑制するため，削除メッセージを利用する．削除メッセージは，TTL のリセットを止めることを報告するメッセージで，ACK を受信して TTL をリセットする端末となってから一定時間，リセットメッセージおよび ACK を受信しなかった場合に，過去

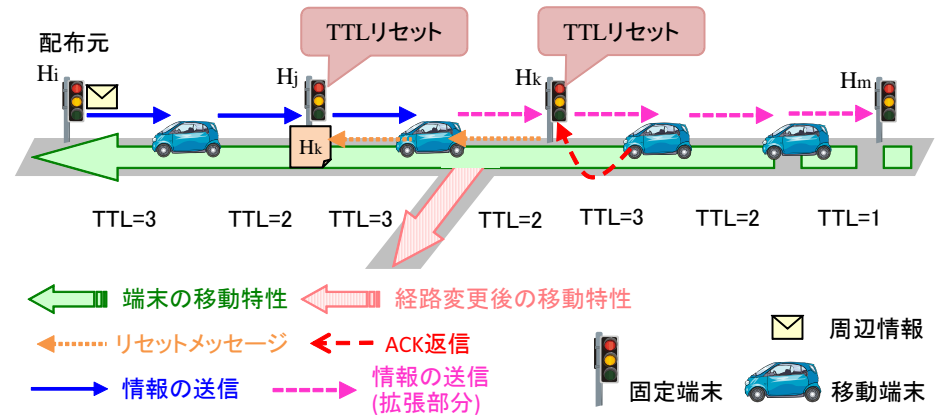


図 3 提案手法における情報配布
Fig. 3 Information dissemination by our proposed method

にリセットメッセージを送った端末へ送信するようにする．この削除メッセージを受信した端末は，記憶しておいたリセットメッセージの送信元の識別子を削除する．この削除により自身が転送を行った後に TTL をリセットする固定端末が存在しなくなったため，その後一定時間経過してもリセットメッセージおよび ACK を受信しなければ，同じく削除メッセージを送信する．この処理により，配布する情報とは無関係な理由によって移動端末が来なくなった方向には周辺情報が配布されなくなる．

図 3 では，固定端末 H_k が ACK を受信した後，自身より前で経由する H_j に向けてリセットメッセージを送信している様子も示されている． H_j は， H_k が自身より後で TTL をリセットすることを把握できる．また，図 4 は図 3 において一定時間経過後， H_k が削除メッセージを送信している様子を示す． H_k は TTL をリセットするようになってから一定時間リセットメッセージおよび ACK を受信しなかったことにより，削除メッセージを H_j に送信する． H_j は，削除メッセージを受信することにより，自身より後に情報を経由する固定端末の状況を把握することができる．なお，状況変化により新たな方向から移動端末が来るようになった場合には，すでに説明した ACK を用いた処理により，その方向に情報が配布されるようになる．

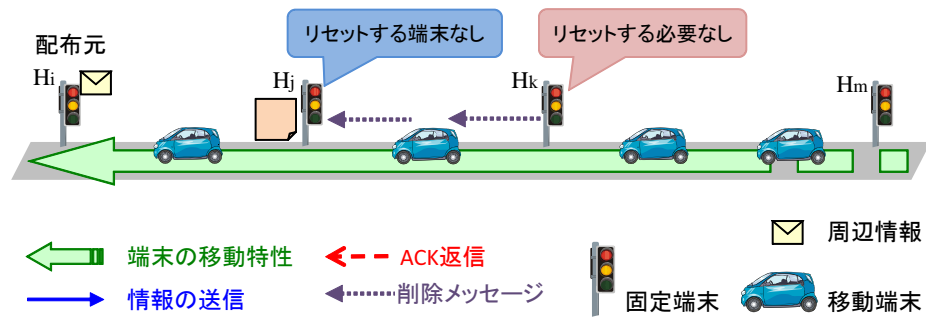


図 4 削除メッセージの送信
Fig. 4 Transmission of a delete message

6. 性能評価

本章では、提案手法の性能評価のために行ったシミュレーション実験の結果を示す．実験では、ネットワークシミュレータ Qualnet⁽⁶⁾ を用いた．

6.1 シミュレーション環境

図 5 に示す 1,500[m]×2,500[m] の 2 次元平面領域に、固定端末を道路に沿って約 200[m] 間隔で配置した．図内の数字は、交通量を示す．道路の構成および交通量は、大阪府箕面市が平成 21 年に調査したもの⁽¹¹⁾ を参考にした．情報の配布元となる固定端末は、交通量が比較的多い図 5 の中央あたりの交差点に 1 台のみ配置した．この端末は、一定の発信間隔 I [秒] ごとにサイズ 128[B] の情報を、TTL を k ホップとした k -ホップフラッディングを用いて配布する．情報を受信した端末は、 $[0, 2]$ [秒] の範囲内でランダムに決定した時間待機し、次のブロードキャストを行うものとした．

移動端末は、道路の端から交通量に従った間隔で出現するものとし、移動経路はダイクストラのアルゴリズムを用いて決定した．各枝(リンク)のコストは、距離を交通量で重み付けしたものとした．移動端末の移動速度は 15[m/秒] とした．端末間の通信は、IEEE802.11b を想定し、伝送速度 11[Mbps]、通信伝搬距離が 130[m] 程度となる送信電力でデータを送信するものとした．

以上のシミュレーション環境において、27,000[秒] を経過させたときの以下の評価値を調べた．なお、27,000[秒] 経過した時点で、ネットワーク内の道路上に存在する端末は、評価の対象としない．

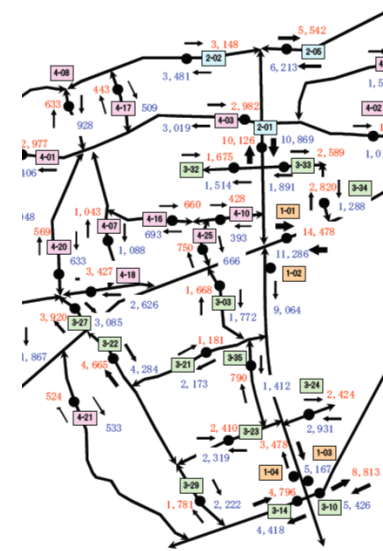


図 5 道路図と交通量
Fig. 5 Road and traffic information

- 有効受信数
固定端末に ACK を返信した移動端末が、ACK を返信するまでにその配布元の固定端末からの情報を受信した回数．
- 有効受信割合
ネットワーク内の全移動端末が情報を受信した回数に対する有効受信数の割合．
- 最大有効受信距離
固定端末に ACK を返信した移動端末が、初めて情報を受信した際の配布元からの距離の平均．
- トラヒック
シミュレーション時間内に送信されたメッセージの総バイト数．
また、提案手法を以下の二つの手法と比較した．
- 比較手法 1

提案手法と同様に有益な情報を受信した移動端末は、受信時点で最後に経由した固定端末に ACK を送信する。ACK を受信した固定端末は、次回転送時に TTL をリセットする。移動特性の変化に対応するために、ACK にはタイムアウトを設け、ACK を受信してから一定時間新たな ACK を受信しなければ、TTL のリセットを止める。実験において、このタイムアウト時間は、発信間隔 I [秒] の 2 倍とした。この手法は、提案手法とは異なり、リセットメッセージや削除メッセージを、自身より配布元端末に近い固定端末に送信しないため、他の端末の状況を正しく把握できない。

● 比較手法 2

有益な情報を受信した移動端末は、経路を変更する場所から配布元に向かって ACK をマルチホップで送信する。ACK には情報を経由した固定端末の識別子が添付されており、配布元は次の情報配布時にこの識別子を添付する。各固定端末は、添付された識別子に自身が含まれている場合、TTL をリセットする。比較手法 1 と同様に ACK にはタイムアウトを設ける。この手法は、提案手法と同様に他の端末の状況を把握できるが、ACK のマルチホップ返信のためにトラヒックが大きくなると予想される。

6.2 評価結果

提案手法における基準 TTL を 3 ホップとし、情報の配布元の端末からの情報発信間隔 I による影響を評価した。比較手法における基準 TTL も 3 ホップとしている。また、提案手法における削除メッセージ送信までの時間は 450[s] とした。シミュレーション結果を図 6 に示す。これらの図において、横軸は発信間隔 I を表し、縦軸は、図 6(a) では有効受信数、図 6(b) では有効受信割合、図 6(c) では最大有効受信距離、図 6(d) ではトラヒック、図 6(e) では発信間隔 I が 50[s] 時のトラヒックの内訳を示す。

図 6(b) より提案手法と比較手法 2 は発信間隔が増加するにつれて、有効受信割合が向上していることが分かる。これは図 6(c) から分かるように、発信間隔が長くなることにより配布範囲が拡張されにくくなり、配布元付近の道路（配布元を通過する可能性が高い）にしか情報が配布されなくなるからである。また、比較手法 1 は発信間隔が増加するにつれて、有効受信割合が減少していることが分かる。これは、タイムアウト時間を発信間隔 I [秒] の 2 倍としており、発信間隔が短いとタイムアウト時間が短くなるため、配布範囲が拡張されてからすぐに配布元付近の固定端末が TTL をリセットするのを止めることになり、より配布範囲が拡張されにくくなるからである。比較手法 1 では、情報受信後に端末が経路を変更する状況に対応できないことが分かる。図 6(a)、図 6(c) から、提案手法は比較手法 2 と比べて、有効受信数、最大有効受信距離共に若干低くなっているが、図 6(d) から大幅にトラ

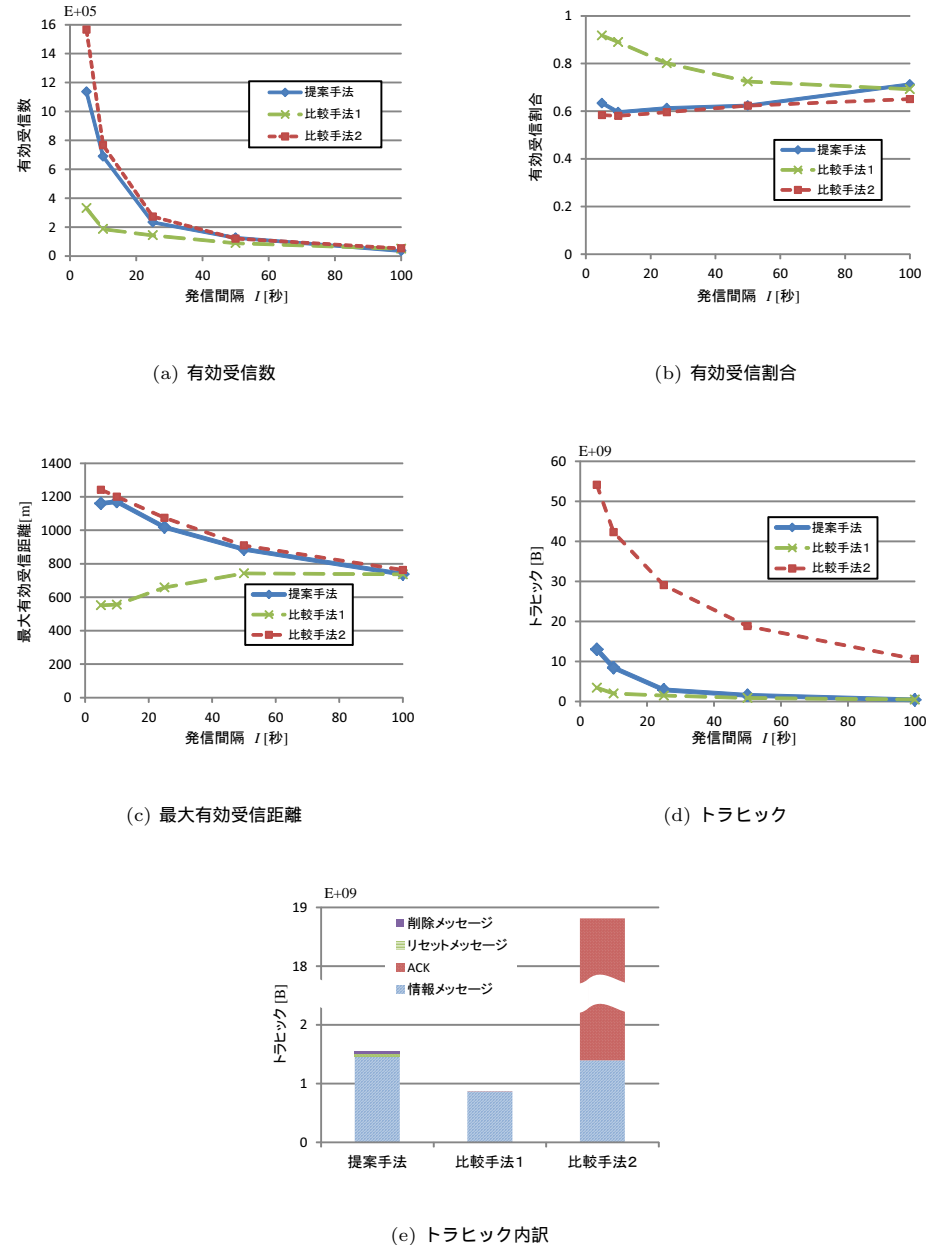


図 6 発信間隔による影響
Fig. 6 Effect of dissemination interval

ヒックを抑制できることがわかる。これは、図 6(e) から分かるように、ACK のトラヒックが影響しているためである。比較手法 2 では ACK をマルチホップで配布元まで返信するため、トラヒックが大きくなってしまふ。図 6(e) は、提案手法と比較手法 2 の有効受信割合および、最大有効受信距離が最も近くなる発信間隔 50[s] におけるトラヒックの内訳を示しており、配布する情報によるトラヒックが提案手法と比較手法 2 においてほぼ同等であることが分かる。これにより、提案手法と比較手法 2 は配布範囲の拡張においてほぼ同等の性能であることが分かる。さらに、提案手法における ACK、リセットメッセージ、および削除メッセージは、配布する情報に比べてごく僅かなものであることが分かる。

7. おわりに

本稿では、周辺情報を受信した移動端末が経路を変更する状況において、効率的に周辺情報を配布するフラッディング制御手法を提案した。提案手法では、情報を受信した移動端末が、最後に情報を経由した固定端末に ACK を直接返信し、ACK を受信した固定端末がフラッディング範囲を拡張していく。ACK を直近の固定端末に返信することで、移動端末が経路を変更する場合でも、情報が有益である、つまり配布元を通過する予定であった移動端末が多く存在する方向に、効率よく情報を配布することができる。また、リセットメッセージと削除メッセージの処理により、移動特性の変化による配布範囲の変化に対応することを可能とした。シミュレーション実験により提案手法は、比較手法よりトラヒックを削減しつつ、情報を必要としている方向に配布範囲を拡張できていることを確認した。

提案手法では、リセットメッセージと削除メッセージの処理により移動特性の変化への対応を可能としているが、シミュレーション実験では配布範囲を適切に拡張できるかを確認するため移動特性が変化しない環境を用いた。そこで今後は、移動特性が変化する環境で評価を行い、このような環境でも適切に配布範囲を調整できるかを確認する予定である。

謝辞 本研究の一部は、(財)近畿移動無線センター・モバイルワイヤレス助成金、および文部科学省科学研究費補助金・基盤研究 S(21220002)の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

1) Y.Ding and L.Xiao, "SADV: Static-node-assisted adaptive data dissemination in vehicular networks," IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol.59, no.5, pp.2445-2455, June 2010.

- 2) X.Liu, X.Jia, H.Liu, and L.Feng, "A location aided flooding protocol for wireless ad hoc networks," Proc. Int. Conf. on Mobile Ad-Hoc and Sensor Networks (MSN'07), pp.302-313, Dec. 2007.
- 3) H.Liu, X.Jia, P.J.Wan, X.Liu, and F.F.Yao, "A distributed and efficient flooding scheme using 1-hop information in mobile ad hoc networks," IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, vol.18, no.5, pp.658-671, May 2007.
- 4) V.Paruchuri, A.Duresi, and R.Jai, "Optimized flooding protocol for ad hoc networks," Proc. IEEE Int. The Computing Research Repository (CoRR'03), Nov. 2003.
- 5) Y.Sasson, D.Cavin, and A.Schiper, "Probabilistic broadcast for flooding in wireless mobile ad hoc networks," Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC'03), pp.1124-1130, 2003.
- 6) Scalable Network Technologies: Creators of Qualnet Network Simulator Software, <URL: <http://www.scalable-networks.com/>>.
- 7) A.Skordylis and N.Trigoni, "Delay-bounded routing in vehicular ad-hoc networks," Proc. Int. Symposium on Mobile ad hoc networking and computing (MobiHoc'08), pp.341-350, May 2008.
- 8) W.Zhao, M.Ammar, and E.Zegura, "A message ferrying approach for data delivery in sparse mobile ad hoc networks," Proc. Int. Symposium on Mobile ad hoc networking and computing (MobiHoc'04), pp.187-198, May 2004.
- 9) W.Zhao, Y.Chen, M.Ammar, M.Corner, B.Levine and E.Zegura, "Capacity enhancement using throwboxes in DTNs," Proc. Int. Conf. on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (MASS'07), pp.31-40, Oct. 2006.
- 10) 藤井 俊充, 加治 充, 佐々木勇和, 萩原 亮, 原 隆浩, 西尾 章治郎, "アドホックネットワークにおける周辺情報配布のための ack-carry 方式を用いたフラッディング制御について," 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2010) シンポジウム論文集, vol.2010, no.1, pp.1114-1120, July 2010.
- 11) 大阪府箕面市ホームページ, <URL: <http://www.city.minoh.lg.jp/index.html>>.