

MANETにおけるトラフィック状況を考慮した クラスタベースルーティングアルゴリズムの提案

浅沼 佑紀[†] 中村 嘉隆[†] 高橋 修[†]

公立はこだて未来大学 システム情報科学部[†]

1 はじめに

近年、実世界におけるネットワークの規模は大きくなり続けている。端末の小型化や無線技術の発展によって端末同士が移動しながらも通信できる MANET(Mobile Ad-hoc Network)はさまざまな用途で用いられ始めており、大規模な MANET を対象とした研究が多く行われている。

MANET に代表される高移動頻度通信において安定した通信を実現するために用いられる手法としてクラスタリングを用いたルーティングが挙げられる[1]。一般的なクラスタリングでは経路作成時のフラッディングを抑制することで通信の輻輳を防ぐことができる。これを発展させた階層型クラスタベースルーティング[2]では経路作成の処理を効率化することでルーティングオーバーヘッドの削減やパケット到達率の向上などといった効果を得ることができる。しかしこれらの手法は各ノードの通信状況の変化に対応することができず、選択した通信経路のスループットが著しく低下しても代替経路に変更することができない。そのため複数の通信が混在する環境においてはスループットの低下を防ぐことができないという問題が残ったままである。

そこで本研究では、クラスタベースのルーティングアルゴリズムへ経路選択機能を設け、トラフィックを指標とした柔軟な経路選択を可能とし、ネットワーク全体のスループットの向上を目指す。

2 関連研究

階層型クラスタベースルーティングにおけるルーティングの効率化を実現した手法として Cluster-by-Cluster[3]が挙げられる。Cluster-by-Cluster の基本的なルーティングを図 1 に表す。

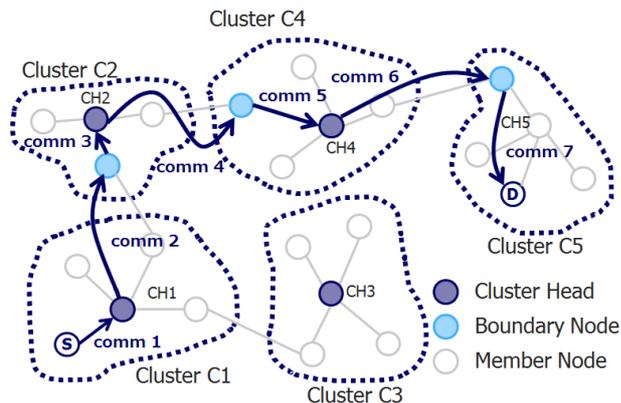


図 1 Cluster-by-Cluster のルーティング(例)

Cluster-by-Cluster ではオーバーレイネットワークの概念を導入し、パケットの転送経路を短く区切りながら転送を行う。Cluster-by-Cluster では DSR で使用する RREQ(Route Request)と RREP(Route Reply)を有効活用する。まず、クラスタを形成する際は、各ノードはビーコンメッセージを用いて周辺のノードの位置をお互いに把握しあい、自律的にクラスタを構築する。その後、通信要求が発生した際に DSR によって経路を作成する。この時、宛先ノードから送

信元ノードへ送られる RREP に各クラスタの情報をビギンバックすることで、送信元ノードは中継するクラスタの情報を把握することができる。この際に各クラスタに BN(Boundary Node)という境界ノードを設置し、CH から BN へと通信を分割することにより短経路通信を実現している。一般にクラスタリングを用いた場合長経路の通信になりやすく、ホップ数の増大に伴ってパケットロス率も増大するという問題があるが、Cluster-by-Cluster を用いることによって長経路通信を複数の短経路通信に分割できるためパケットロス率の低下が実現できた。しかし、Cluster-by-Cluster は複数の経路を作ることを想定しておらず、各ノードの通信状況も考慮していないため、複数の経路が発生した際に最適な経路変更ができず、スループットが低下してしまう。

既存のルーティングプロトコルを拡張し、トラフィックを考慮したルーティングを実現する研究はいくつかある [4]。この手法は OLSR(Optimized Link State Routing)をベースにした拡張 OLSR を提案している。Proactive 型である OLSR を使用するため動的にノードの状態を把握することができ、ルーティングテーブルにトラフィックを指標として追加することでトラフィックを考慮したルーティングを実現している。

複数の経路を作成し、状況によって切り替える方式ルーティングプロトコルとして SMR(Split Multipath Routing)[5]がある。これは DSR(Dynamic Source Routing)[6]を拡張して作られたものであり、プライマリ経路と代替経路を作成する。プライマリ経路は一般に DSR によって作成される経路と同じものになり、代替経路は、あらかじめ設定されたさまざまなメトリックによって 2 番手以降に優れている経路から作成される。通信開始時にはプライマリ経路を使用し、何らかの事情が発生した際に代替経路に切り替えることでスループットの向上を目指すルーティングプロトコルとなっている。

3 提案方式

本提案方式では MANET に対しての階層型クラスタベースルーティングの手法として Cluster-by-Cluster を活用する。しかし既存手法ではノードの通信状況の変化に対応できず、スループットの低下が発生してしまう。そこで Cluster-by-Cluster で複数の経路を構築できるように拡張し、トラフィックというメトリックを新たに導入することによって、トラフィックを避けた経路変更を行いスループットの低下を防ぐ。これによりトラフィック状況を考慮し、最適なクラスタベース MANET ルーティングを実現する。

3.1 メトリック定義

本研究では、トラフィックは各クラスタそれぞれのノードが持つパケット量の総和とする。各クラスタでは CH(Cluster Head)が周辺の MN(Member Node)を管理する。一般にノードの位置情報を管理しているが、ここにトラフィック情報を追加する。Cluster-by-Cluster における通信では、MN は必ず自分の属しているクラスタの CH を経由して通信を行う。CH の周辺にパケットを大量に持っている MN が複数存在する場合、これらの MN はどこかのノードと通信を

行う際に CH へ一度通信を開始する。そのため CH に通信が集中し、スループットの低下を引き起こす原因となる。クラスタ内に存在するパケット量、すなわちトラフィックを指標としてそのクラスタを経由してルーティングするか否かを決定する。トラフィックが集中しているクラスタであった場合、別のクラスタを経由して通信できるのであれば代替経路に切り替えることでスループットの低下を防ぐことができる。

3.2 SMR を用いたルーティング

提案方式では SMR を用いて経路を作成する。SMR は複数の経路を作成し、さまざまな指標から最適な経路を選ぶことができる。また、ディスジョイントな経路を作成することができ、本提案方式では複数の経路において、送信元と宛先以外で同じクラスタを通らないような、クラスタディスジョイントな経路を作成する。

経路はホップ数とトラフィックによって選択する。トラフィックは各クラスタの CH が管理しているため、経路作成時に DSR のメッセージにピギーバックし、送信元ノードまで送る。こうすることで送信元ノードはネットワーク全体のトラフィックを把握することができ、ホップ数とトラフィックを考慮して経路を選択することができる。

4 予備実験

提案方式の予備実験として、トラフィックを考慮したルーティングの必要性を調べるため、ネットワークシミュレータ ns-2 (Network Simulator version 2) [6]上で評価実験を行った。実験構成を図 3 に示す。経路中にトラフィックが存在しない、ホップ数が 3 の経路(a) , および他の通信を想定して経路中にトラフィックが存在する、ホップ数が 2 の経路 (b) についてスループットの測定を行った。なお、この実験でのホップ数はクラスタレベルの経路上のホップ数を示す。シミュレーションパラメータを表 1 に示す。

実験ではクラスタ S からクラスタ D に対して UDP 通信を行っている。その際に 2 つの経路が存在し、ホップ数とトラフィックのどちらかのメトリクスを考慮した際にそれぞれの経路が選択される。なお、クラスタ 1 はクラスタ T と UDP 通信を行うことで、トラフィックを発生させている

表 1 シミュレーションパラメータ

計測時間	20s
通信レート	1Mbps
通信プロトコル	UDP, 200byte
ルーティングプロトコル	DSR

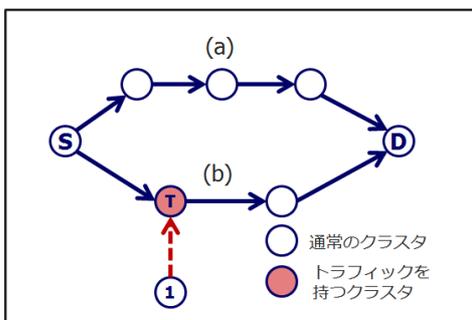


図 3 実験構成

“An Algorithm of Cluster-based Routing considering Traffic conditions on MANET”

Yuki Asanuma†, Yoshitaka Nakamura†, Osamu Takahashi†

† School of Systems Information Science, Future University Hakodate

5 考察

実験結果から、トラフィックが存在する場合は最小ホップ数を選択するルーティングではスループットが低下する。このとき、スループットを考慮したルーティングを行うためには、ホップ数が最小ではなく、トラフィックが少ない経路を選択する必要がある。一般に DSR では最も遅延の少ない経路を用いて通信経路を作成するためホップ数が最小の経路が選択されることが多い。しかし、通信途中にトラフィックが発生した際に経路を切り替えることができないため、スループットの低下が発生する。したがってトラフィックを考慮したルーティングは必要であり、ホップ数とトラフィックの両方を指標にして経路の構築を行う本提案手法は有用であるといえる。

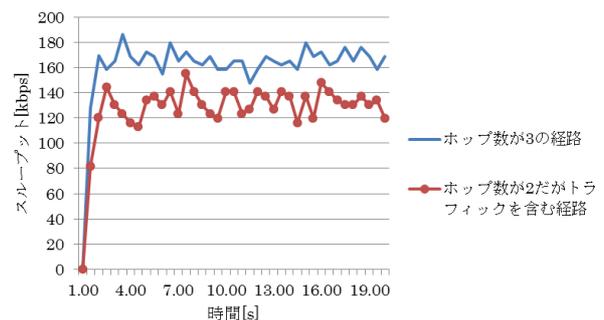


図 4 実験結果

6 おわりに

本研究では MANET におけるトラフィック状況を考慮したクラスタベースルーティングアルゴリズムを提案した。提案方式によって、複数の通信が混在する状況においてもクラスタリングの特徴を生かしつつ、最適な経路切り替えを行うことができ、高品質な通信を実現することができる。

今後は、ns-2 上で提案方式の実装、評価を課題とする。また、ホップ数とトラフィック以外のメトリクスによる経路選択も課題とする。評価では提案方式と既存方式の通信におけるスループットの調査を行い、さらなる改善、検討を行う予定である。

参考文献

- [1] M. Kumar, R. Rishi, and D.K. Madan "Comparative Analysis of CBRP, DSR, AODV Routing Protocol in MANET", International Journal on Computer Science and Engineering, Vol.2, No.9, pp.2853-2858, 2010.
- [2] J.Y. Yu, and P.H.J. Chong, "A survey of clustering schemes for mobile ad hoc networks," IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol.7, No.1, pp.32-48, 2005.
- [3] 鳴海寛之, 高橋修, "MANET における Cluster-by-Cluster ルーティングアルゴリズムの提案と実装・評価", 情処技報, Vol.2009, No.8, pp.1-8, 2009.
- [4] 森崎明, 渡邊晃, "通信状態を考慮したアドホックルーティングプロトコルの提案", 情処技報, VO 1 2011-UBI-29, NO.25, pp.1-8, 2011.
- [5] S.-J. Lee, and P. Alato, "Split multipath routing with maximally disjoint paths in ad hoc networks", Proc. of ICC2001, Vol.10, pp.3201-3205, 2001.
- [6] DSR(Dynamic Source Routing):RFC4728, <http://www.ietf.org/rfc/rfc4728.txt>
- [7] ns-2, "The Network Simulator version 2," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.