

屋内におけるモビリティを考慮したアドホック・ネットワーク・テストベッドの性能評価

肥山 昌弘* 池田 誠** バロリ レオナルド*

(福岡工業大学 *情報工学部情報通信工学科 **大学院工学研究科知能情報システム工学専攻)

{s05b2030, bd07001}@bene.fit.ac.jp, barolli@fit.ac.jp

1 はじめに

近年, 多くの人が移動端末を所有しておりネットワークに接続することは一般的になっている。しかし, インフラが整備されていない地域や整備できない困難な地域では, インフラを利用しない通信が要求される。そこで, インフラを利用せず付近にある移動端末を経由して通信を行う Mobile Ad-hoc Network (MANET) が注目されている。MANET に関する研究は盛んで様々なテストベッドが実装されている [1, 2]。本稿では, MANET の経路制御プロトコルの Optimized Link State Routing (OLSR) を用いた屋内における移動端末のモビリティを考慮するテストベッドを実装し性能評価を行った。

我々は従来研究として 5 台の端末を有するテストベッドを実装して分析を行った [3, 4]。これは, すべての端末を静止させ調査していたため, モビリティを考慮しなかった。

2 OLSR

一般的なプロアクティブ方式の MANET プロトコルの特徴として常に経路表の管理を行う。したがって, 送信者からの要求に即座に返答することが可能である。しかし, トポロジ情報を広告するための情報のやりとりが頻繁なため, 各端末の電力消費に大きな問題が存在する。この問題を解決するために OLSR にはいくつかの機能を有する。

一般的なフラッディングでは, 全ての隣接ノードがフラッディングを繰り返すことでブロードキャストストームが発生する。そこで, OLSR ではあるノードがブロードキャストまたは再ブロードキャストしたパケットを, そのノードが選択した Multi Point Relay (MPR) と呼ぶノードのみが再ブロードキャストすることで, パケットの削減を図る [5]。このフラッディングメカニズムを MPR フラッディングと呼ぶ。OLSR では Hello メッセージとは別に Topology Control (TC) メッセージを用いて, ネットワーク全体のトポロジ情報を各ノードへ伝えている。トポロジは, 実際に存在するすべてのリンクから構成するネットワークとは異なり, 各ノードの MPR セレクタ集合から構築されるため, 管理するリンク数は実際のリンク数よりも非常に少ない。OLSR は, ヒューリスティックな MPR ノード選定を行う。一般的には, 全てのノードは最短経路を単純な Dijkstra アルゴリズムで決定するが, 最短経路を求めるのはパケット棄却率の観点から見て得策とは考えにくい。

そこで, OLSR daemon (OLSRd) では Link Quality (LQ) の拡張を行う [6]。これは, パケット棄却率の平均をメトリックとした最短経路アルゴリズムである。これを Expected Transmission Count (ETX) と呼び, $ETX(i) = 1 / (N(i) \times LQ(i))$ と定義する。 $N(i)$ は自ノードのパケット棄却率, $LQ(i)$ は隣接ノードのパケット棄却率を示す。パケット棄却率が低いほど ETX は高くなり経路選択時のプライオリティが高い経路となる。OLSR の実装は複数存在するが, そのほとんどが, RFC3626 [5] から多くの改良がなされ, 街全体をカバーするメッシュネットワークを構成するための改良が加えられたものもある。

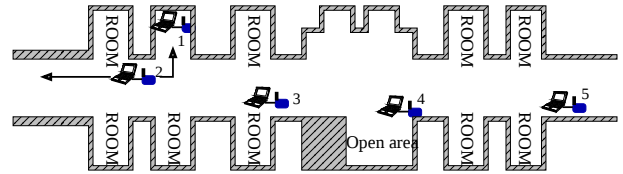


図 1: 実験モデル 1

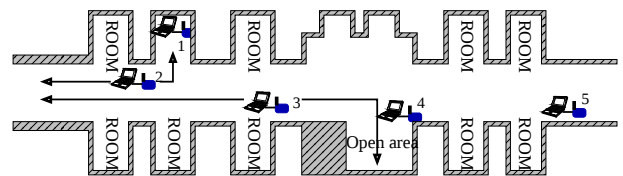


図 2: 実験モデル 2

3 実験モデルの定義

本報告では屋内での実験を行うにあたり, 図 1, 2 の 2 つのモデルを実装した。すべての端末には, オペレーションシステムとして Fedora Core 4 をインストールしている。また, 無線チップセットとして RT2500 を有している Linksys 社の USB 接続で可動式小型アンテナを搭載する WUSB54G-JP を利用する。端末 1 はゲートウェイ機能を有し DNS とルータ機能を稼働させている。端末 1 ですべての測定をするためのスクリプトを実行する。移動する端末は直線では一定のスピードで移動し, 曲がり角にきた場合, 3 秒停止するルールで実験を行った。端末 1 と端末 5 間の距離は約 100 メートルで, 1 ホップで通信することはできない。

評価指標としてスループット, 往復遅延時間, ジッタ, パケット棄却率を調査する。実験モデル 1 は図 1 のように端末 2 を矢印のように動かして実験を行う。実験モデル 2 は図 2 のように端末 2 と端末 3 の両端末を動かして実験を行う。フローの種類は UDP と TCP を利用する。トポロジはメッシュトポロジを利用する。トラフィックジェネレータとして D-ITG [7] を利用した。実験回数は 50 回, 平均実験時間を 10000m[sec], パケットレート (P_{Rate}) を 122[pps], パケットサイズ (P_{Size}) を 512K[bytes] とする。理想的なビットレートは $P_{Rate} \times P_{Size} \times 8 = 499.712 \text{ K[bps]}$ となる。OLSR の Link Quality Window Size (LQWS) は 100 とした。

4 実験結果

実験モデル 1 の実験結果を図 3 に示す。図 3 (a) (b) は, UDP のフローを各端末へ送信したときのスループットと往復遅延時間の結果を示す。図 3 (c) (d) は, TCP のフローを各端末へ送信したときのそれぞれの結果である。横軸は, 送信端末と宛先端末のラベルで, 縦軸は各評価パラメータを示す。一般的に結果を評価する場合に平均値を用いる場合があるが, これは重要なデータを見落とす可能性が高くなる。そこで, 本稿ではサンプルの評価に箱髭図を用いる。箱の中線は中央値を示す。図 3 (a) のスループットの結果は端末 2 が移動しているにもかかわらず比較

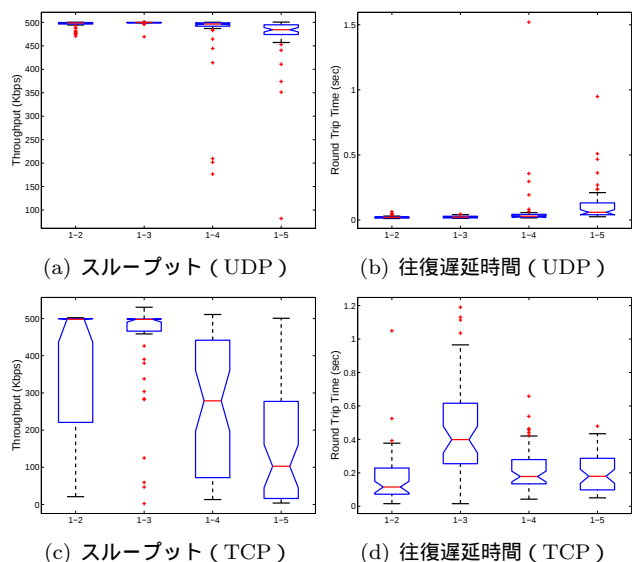


図 3: 実験モデル 1 の結果

的安定した結果となった。これは、OLSR の Link Quality の機能がうまく働いているためである。たとえば端末 1 から端末 4 へフローを送る場合、すべての端末が静止している場合、端末 (1-2-4) とマルチホップしていくが、本モデルではモバイル端末 2 を中継せず、端末 3 を中継し端末 (1-3-4) とマルチホップしていったため、スループットの低下が見られなかった。一方で、TCP を用いた場合の結果は、UDP と比較し大きく分散した結果となった。特に宛先端末が 4, 5 の場合のときのスループットの低下が大きい。これは、LQWS が 100 であったため、パケットを送出するときの最良の経路を選択できなかったことが影響した。

実験モデル 2 の実験結果を図 4 に示す。図 4 (a) (b) は、UDP のフローを各端末へ送信したときのスループットと往復遅延時間の結果を示す。図 4 (c) (d) は、TCP のフローを各端末へ送信したときのそれぞれの結果である。端末 1 から端末 2 への結果は UDP と TCP の両結果とも実験モデル 1 と似た結果となった。これは、移動するパターンも同じで端末 3 が端末 1 へ近づいた場合にトポロジが変わり往復遅延時間やスループットに影響があると考えられるが、端末 2 は端末 1 からみてほぼ電波を受信できる範囲内のため、影響が少なかった。しかし、他の宛先端末が 3, 4 および 5 の場合には実験モデル 1 と比較して大きな差がある。これは、端末 2 と端末 3 が同時に動くことによりトポロジが経路表と異なりルーティングループができスループットが低下した。

実験を通じて MANET に TCP を用いる場合には、輻輳制御や従来の研究の成果としてマルチフローの不公平生 [4] についての問題が大きいと感じる。MANET の需要拡大のためにも無線マルチホップ通信のための TCP の改良も重要と考える。また、OLSR のリンク品質を測る ETX を計算するために利用する LQWS を調整することにより経路選択時によりリアルタイムで品質が良い経路を選択することができると考える。

5 まとめ

本報告では、屋内における OLSR プロトコルを利用した MANET テストベッドを実装し、TCP と UDP のシングルフローを送信したときの性能評価を行った。結果として TCP の場合 UDP と比較し、両実験モデルともかなり

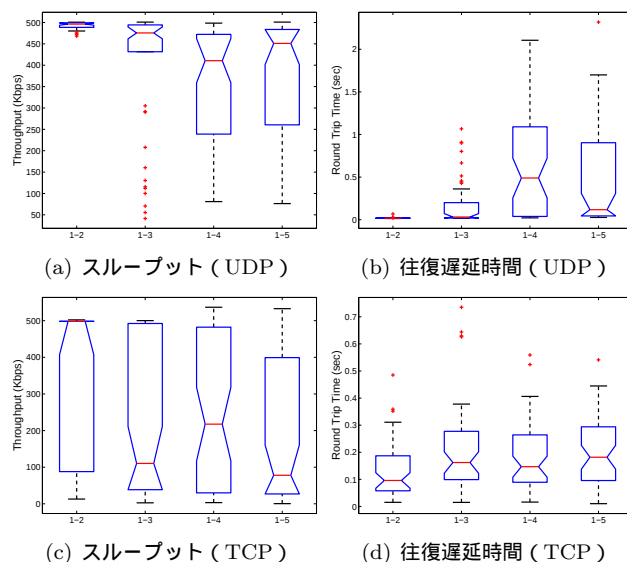


図 4: 実験モデル 2 の結果

低く不安定なスループットになった。これは、端末の移動によるルーティングループが起こったことや輻輳制御が起因したことよることが分かった。今後は、このモデルを ns-2 で実装し比較検討を行う。さらに、TCP を利用した場合にスループットのばらつきが大きくなる問題を解決するための新たな提案を行う。また、現在開発中の OLSR のパラメータ設定、トポロジ設定およびログ収集管理機能を有した実験を円滑に行うための GUI インターフェースの実装も今後の課題となる。

謝辞

本研究は日本学術振興会からの研究費による成果である。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] W. Kiess and M. Mauve: “A survey on real-world implementations of mobile ad-hoc networks”, Ad Hoc Networks, **5**, 3, pp. 324–339 (2007).
- [2] Y. Owada, Y. Takahashi, T. Suda, H. Terui, F. Taki, T. Yagi and K. Mase: “A large scale wireless mobile ad hoc network testbed”, IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 324–328 (2005).
- [3] 池田 誠, デマルコ ジュゼッペ, 楊 涛, バロリレオナルド: “屋内環境における OLSR と B.A.T.M.A.N プロトコルの性能分析”, 情処学研報, 2007-DPS-132, **2007**, 18, pp. 43–48 (2007).
- [4] M. Ikeda, G. De Marco, L. Barolli and M. Takizawa: “A BAT in the lab: Experimental results of new link state routing protocol”, Proc. AINA-2008, Okinawa (2008).
- [5] T. Clausen and P. Jacquet: “Optimized link state routing protocol (OLSR)”, RFC 3626 (Experimental) (2003).
- [6] A. Tønnesen: “OLSRd: Implementation code of the OLSR”. <http://www.olsr.org/>.
- [7] “D-ITG: Distributed Internet Traffic Generator”, <http://www.grid.unina.it/software/ITG/>.