

端末の移動を考慮した OLSR の性能評価

Performance Evaluation of OLSR for Mobile Node Movement

近藤 毅†
Tsuayoshi Kondoh

加藤 聰彦†
Toshihiko Kato

伊藤 秀一†
Shuichi Itoh

1. はじめに

今日新たな無線ネットワークの形態として、アドホックネットワークの検討が活発に行われている。ここでは、無線インターフェースを持つノードが、端末としてだけでなくルータとしても動作し、IP ルーチングによるマルチホップネットワークを自律的に構築することで、無線のみを用いて通信可能な範囲を拡大することができる。

アドホックネットワークのためのルーチングプロトコルとして、IETF MANET-WG から複数の方式が提案されている。本稿では、プロアクティブ型の一方式である OLSR (Optimized Link State Routing) [1]の性能評価と動作特性の検討を行う。評価においては、ノードが移動した場合のパケットの到達率と、ルーチング用の制御トラフィック量に着目する。ノードの移動環境下での OLSR の性能評価を行い、その上で速度上昇に伴うパケット到達率減少の原因を検討し、その回避方法を提案する。

2. OLSR の概要

OLSR は無線メディアの特性に合わせて最適化されたリンクステート型のルーチングプロトコルである。以下に OLSR の動作の概要を説明する。

● 隣接ノードの発見

ネットワークに参加している全ノードは通常 2 秒に設定される hello interval ごとに Hello message を送出する。Hello を受信することで通信可能範囲に存在するノードを知ることができる。Hello には自身の隣接ノード(neighbor)が列挙されており、この中に受信ノード自身があれば、Hello を送出したノードとの間で双方向通信が可能と判断する。さらに OLSR では Hello を用いて、自身から 2 ホップで到達可能なノード(2hop neighbor)の情報を入手する。受信した Hello 内の neighbor の論理和から直接通信可能なノードを引くと 2hop neighbor が求まる。この情報からどのノードを MPR (multipoint relay)に選定すべきかを判断する。MPR とはルーチング制御のための TC (Topology Control) message の生成や転送を行うノードである。MPR は 2hop neighbor のカバー率の大きいノードから順に自身の全 2hop neighbor をカバーするように選ばれる。MPR の選定通知は Hello で行われる。MPR を選んだノードは MPRSelector と呼ばれ、また MPR も他のノードを MPR と選ぶため、MPRSelector となる。

● 経路の決定方式

MPR のみが自身から MPRSelector へのリンクの情報を TC に載せて広告する。情報をネットワーク中に行き渡らせるために MPR のみが TC を再転送する。MPR 同士の間で TC をブロードキャストで再転送することで、結果として全てのノードが TC を受け取る。この最適化により、従

来のリンクステート型のプロトコルに比べルーチングトラフィックを減らすことができる。最後に各ノードにおいて受信した TC の集合であるトポロジー情報から SPF (Shortest Path First) Tree を作成し、それに基づきルーチングテーブルを決定する。

● OLSR におけるノード移動の取り扱い

ノードが移動するとノード間の隣接関係が変化する。これに追従して経路を変更する必要が生ずる。送信元から見て、宛先ノードへのホップ数が少なくなる様な移動に対する経路の切り替えは素早く生じる。これは、新たに発見された経路のホップ数が少ない場合、優先して使われるためである。

しかし OLSR では、ホップ数が増えるような移動が生じた場合、数秒間通信が途絶えるという問題点がある。これは、neighbor の有効時間が切れるまで周囲のノードは双方向通信可能であると判断するためである。この時間は neighbor holdtime と呼ばれ、hello interval の 3 倍の 6 秒が規定されている。この有効時間が経過した後に、リンクが切れたと判断され、新たな経路が探されるため、長いダウンタイムが生じる。このため、ノード間の隣接関係の変化が頻度に生じるような高速移動環境では、パケット到達率を下げることになると思われる。

3. シミュレーション実験

OLSR が高移動環境下でどの程度の性能を有するかを検討するために ns2 (The Network Simulator Version 2)を用いた性能評価実験を行った。

評価を行う対象は、パケット到達率と、ルーチング用の制御トラフィック量とし、ノードは一定速度でランダムな方向へ移動し続けるものとする。ノードが密に存在する環境を想定するために、670m 四方の空間に 50 台のノードを配置することとした。送信・受信の 25 のノードペアの間に CBR トラフィックを発生させることとし、各ペア間のスループットを 8Kbps とし、ネットワーク全体で合計 200Kbps のトラフィックを発生させる。

このような条件の下で、各ノードの移動トラフィックを変化させ、OLSR の適用性を評価した。具体的には移動速度を変化させた場合の CBR トラフィックにおけるパケット到達率の平均値と、TC のトラフィック量を測定した。結果を図 1 と 2 に示す。図 1 では、横軸に移動速度(m/s)をとり、縦軸にパケット到達率(%)を示し、図 2 では縦軸に TC による負荷(Bytes/s)を示している。これらの結果からわかるように、移動が速くなるに従いパケット到達率は落ち、一方 TC による負荷は高まる。パケットの到達率は 10m/s まで線形的に落ち込むが、それ以降は到達率 55%ほどに漸近している。TC の負荷は 7~10m/s まで移動速度に比例するように増えるが、それ以降は山型で約 25m/s で頭打ちになり、以降は逆に負荷が下がっている。

†電気通信大学 大学院 情報システム学研究所,
University of Electro-communications

TC の負荷が頭打ちになっている理由は以下のように推測できる．移動が速すぎると，Hello による隣接関係の変化の検出が追いつかない．このため，MPR が選定されず，ノードの移動を広告する TC が送出されない．TC の負荷は隣接関係の変化に伴う MPR 選定の回数に依存している．結果では，途中までは，隣接関係の変化の回数がノードの移動速度に比例していたが，25m/s を越えたあたりから移動速度に対応しなくなったと考えることができる．

4. パケット到達率と TC の負荷に対する neighbor holdtime の影響

前述のようにホップ数が増える方向の移動では，長いダウンタイムが生じる．これは neighbor holdtime が経過するまで無効になったリンクを発見できないためである．この時間は一定値であるためノードの移動が速くなるとリンクの変化を正しく判断できない時間が相対的に長くなる．この時間がパケット到達率にどれほどの影響を与えるかを評価するために，各速度で neighbor holdtime を変更しシミュレーションを行った．

結果は図 3 と 4 の通りである．これらの図では，横軸に neighbor holdtime をとり，縦軸にパケット到達率(%)と TC による負荷(Bytes/sec)をそれぞれ示している．図 3 から neighbor holdtime を短くすると到達率が向上することがわかる．この向上率は移動が速いほど大きく，長い neighbor holdtime が到達率の低下をまねくことが分かる．逆にそれほど高速でない場合，パケット到達率の上昇は少ない．

TC の負荷も併せて見ると，速度 3m/s の場合 neighbor holdtime を 4 秒未満にしてもパケットの到達率はほとんど上昇せず，TC の負荷だけは約 1.5 倍も高まっている．neighbor holdtime が 4 秒の場合より 2 秒の場合に負荷が多いと言うことは，Hello を受け損ねているということである．Hello を毎回受信できればリンクの破損を誤検出することはなく，TC による負荷が高まることはない．しかし移動が速い場合には，短い neighbor holdtime が無効になった隣接関係を早期にタイムアウトし TC を小さく保つ影響が大きくなる．このため，高速移動環境では neighbor holdtime を短くすることでパケット到達率を向上させると同時に TC の負荷も下げることができると考えられる．

5. まとめ

本稿では，ノードが移動する場合の OLSR の性能について検討した結果を示した．ノードの移動速度の増加につれてパケット到達率に低下する原因は，無効になった隣接関係の検出の遅れであった．これは，ノードの移動速度やリンクの変化頻度に関わらず隣接関係の有効時間を一定に定めているためである．評価の結果から，neighbor holdtime を短縮することで移動による到達率の低下を軽減でき，さらに TC による負荷も軽減できることがわかった．

参考文献

[1] T. Clausen, P. Jacquet: *Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)*. RFC3626 (October 2003)

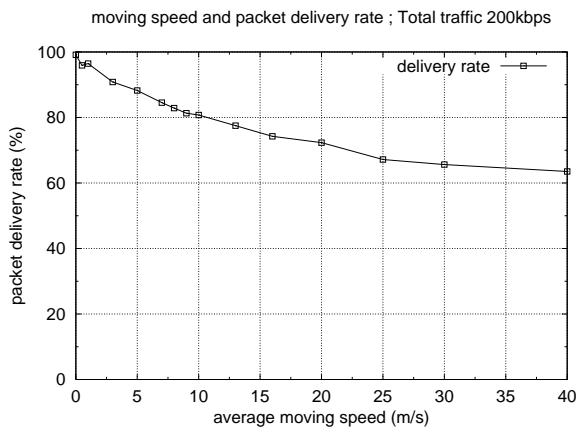


図 1 移動速度に対するパケット到達率の変化

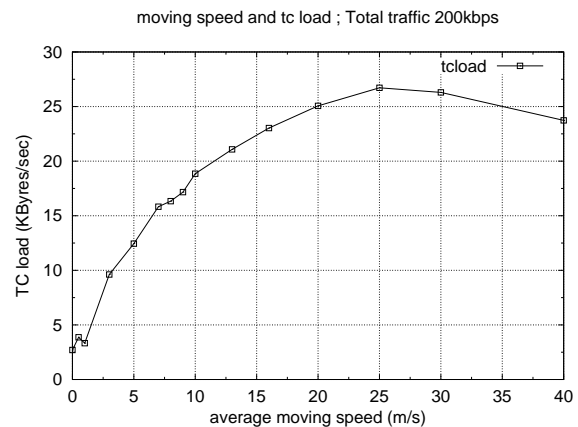


図 2 移動速度に対する TC の負荷の変化

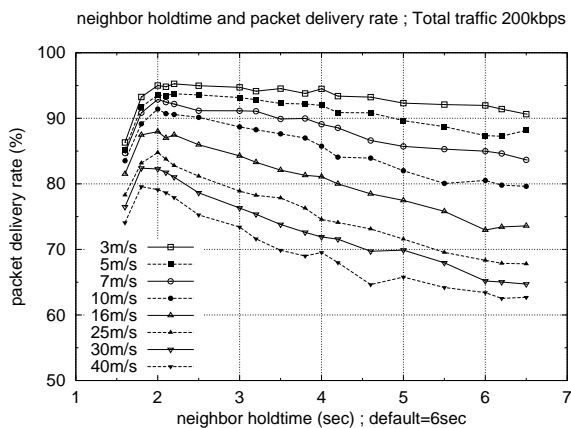


図 3 neighbor holdtime によるパケット到達率の変化

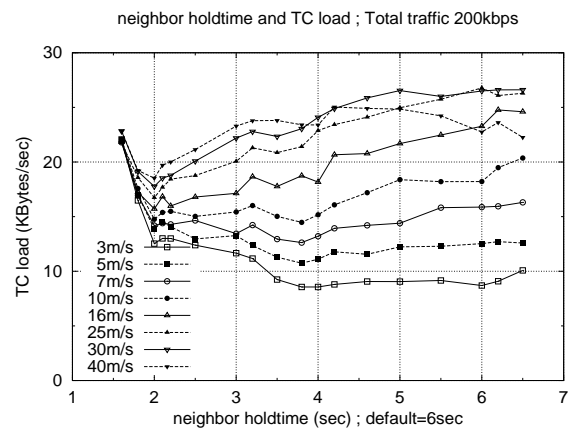


図 4 neighbor holdtime による TC の負荷の変化