

平成24年度 卒業論文

邦文題目

通信状況を考慮したアドホックルーティングプロトコルPD-OLSRの評価

英文題目

**A evaluation on an Ad-hoc Network Protocol
Considering Traffic Condition**

情報工学科 渡邊研究室

(学籍番号: 090430019)

小田 耕平

提出日: 平成25年2月13日

名城大学理工学部

内容要旨

アクセスポイントが不要で、端末間で直接通信が可能なアドホックネットワークの研究が注目されている。アドホックルーティングプロトコルの代表である OLSR は、経路生成の際に通信状況を考慮しておらず、パケットロスが多発する可能性がある。

本稿では OLSR の一部を改造し、制御メッセージに各ノードのトラフィック情報を追加することで通信状況を考慮した経路生成が可能となるアドホックルーティングプロトコル PD-OLSR を用いてシミュレーションを行った結果より評価を行う。

目次

第1章	はじめに	1
第2章	OLSR	3
2.1	概要	3
2.2	OLSRのRT生成	3
2.3	OLSRの課題	4
第3章	PD-OLSR	5
3.1	概要	5
3.2	PD-OLSRのRT生成	5
第4章	評価	7
4.1	評価内容	7
4.2	条件	7
4.3	結果・考察	9
第5章	むすび	12
	謝辞	13
	参考文献	14

第1章 はじめに

無線 LAN を搭載した端末の普及により端末同士で直接通信を行うアドホックネットワークの研究が注目されている。現在、多くのアドホックルーティングプロトコルが標準化されている。[1-7] しかし、これらの方式は、経路生成の際に中継ホップ数が最小となる経路を探索することが目的となっており、最短経路が複数存在する場合にどの経路を選択するかは実装に任されている。そのため、トラフィックが発生しているノードを中継する経路を選択するとパケットロスが多発してしまう可能性がある。

最適な経路を選択することを目的としたアドホックルーティングプロトコルの研究として以下のものが挙げられる。ABR(Associativity-Based Long-lived Routing) [8] の経路選択では、リンク切断が長時間起らない、安定した経路を選択する。各ノードは一定間隔ごとに隣接ノードへビーコンを送信する。より多くのビーコンを受信したノードからなるリンクは持続性が高いと期待されるため、安定した経路により通信を行うことができる。しかし、ノードの移動が少ない環境では、ビーコンの受信回数に差が出ないため、スループットの向上が期待できない経路が選択される可能性がある。

ETR(Estimated-TCP-Throughput Maximization based Routing) [9] は DSR(Dynamic Source Routing Protocol) [2] を拡張することにより、宛先への複数の経路候補に対して TCP スループットを予測し、スループットの高い経路を選択する。TCP スループットは所定のモデル式を使って計算される。モデル式には遅延 (RTT:Round-Trip Time) と往復パケット喪失率 (RTPL:Round-Trip Packet Loss ratio) の情報が必要であり、これらの情報を収集するために新たな制御メッセージを設け、一定間隔で送信する。しかし、これらの方式は TCP スループットだけに着目しており、UDP スループットは考慮していない。また、新たな制御メッセージにより、ネットワークのオーバーヘッドが高くなるという課題がある。また、これらのプロトコルは TCP 通信と UDP 通信で共通の RT を用いている。TCP と UDP では性質が異なるため、共通の RT を用いる場合はそれぞれの特性を十分に生かすことができない。

代表的なアドホックルーティングプロトコルとして OLSR(Optimized Link State Routing) [1] がある。OLSR は Proactive 型のアドホックルーティングプロトコルであり、通信要求がある前から RT(Routing Table) を生成しておく、しかし RT を生成する際に最短経路を通信経路として選択し、最短経路が複数存在する場合にどの経路を選択するかは実装に任されており、トラフィックの状態が考慮されていないためハイトラフィックゾーンを経路として選択してしまうとパケットロスが多発してしまう可能性がある。

そこで本研究室において RT 生成の際に UDP 通信用と TCP 通信用で別々に生成すること

で、それぞれの特性を生かした最適な経路生成が可能となるアドホックルーティングプロトコル PD-OLSR(Protocol Dependent-OLSR) が提案された。RT を生成する際に用いる制御メッセージに各ノードのトラフィック情報を追加することで OLSR では考慮されていなかったトラフィックの状況を考慮しているため、パケットロスの発生を減少させることが可能である。しかし、評価が不十分であり、本当に有用な方式であるか不明であった。そこで本稿ではその中でも UDP 通信に着目をし、PD-OLSR についてシミュレーションを用いて評価を行った。OLSR に比べて有用な方式であることを示す。

以下、第 2 章に OLSR について、第 3 章に PD-OLSR についての説明を行う。第 4 章で評価の結果と考察をし、第 5 章でまとめとする。

第2章 OLSR

2.1 概要

OLSR(Optimized Link State Routing) は通信要求前から RT(Routing Table) を生成しておく Proactive 型のルーティングプロトコルである。各ノードは制御メッセージを送受信することで周辺ノードの情報を収集し RT を生成する。制御メッセージには2種類あり、HELLO メッセージは隣接ノードに対して定期的にブロードキャストすることで各ノードがもつ情報を通知し、TC メッセージはネットワーク全体に定期的にフラッティングすることでネットワークトポロジーを通知する。これらの情報は RT 生成の際に必要な情報であり、各ノードの情報リポジトリに登録される。RT は HELLO メッセージと TC メッセージの送受信により情報リポジトリが更新されることで生成される。

2.2 OLSR の RT 生成

OLSR の RT は、Dest(宛先ノード)、Next(Dest への次ホップノード)、hop(Dest までのホップ数) から構成され、各 Dest に対して1つの経路を保持する。

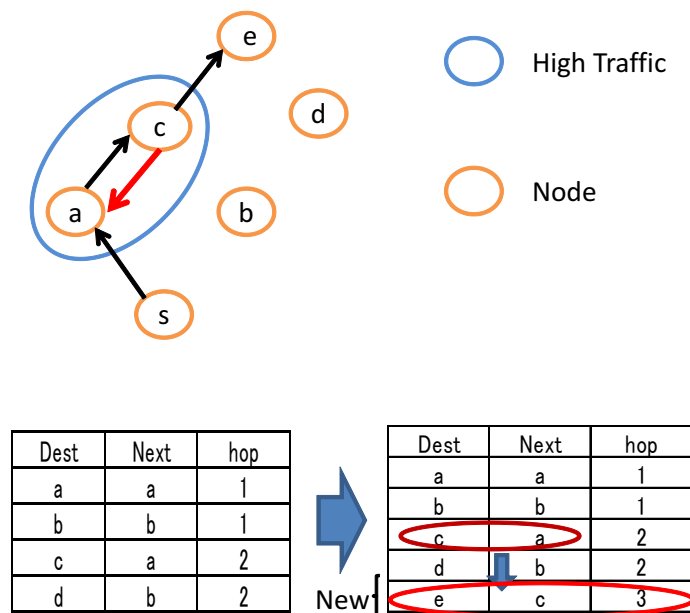


図 2.1 OLSR における RT 生成手順

図 2.1 に OLSR の RT 生成手順を示す。簡単のためノードは規則的に配置し、電波到達範囲は隣接ノードまでとしている。図 2.1 に示す RT は、ノード s からノード e に対して経路が新たに生成される様子を示している。二つの RT はノード s からノード e のうちノード s からノード d までの経路が途中まで生成された状態、右側の RT はノード e までの経路が生成された状態を示している。Dest としてノード e が新たに追加されるとき、Dest が e となる Nest として隣接ノードであるノード c とノード d のうち、右側の RT のように表の上から順に探索したときに最初に発見されるノード c の Nest であるノード a が設定される。このように全てのノードに対して RT が生成されるとノード e に対する経路が生成され、[s a c e] という一つの経路が生成される。

2.3 OLSR の課題

このように OLSR では、単純に最初に発見された最短経路が選択されるため、経路の選択は実装に任されている。図 2.1 に示すように、ノード c からノード a に対して既に通信が行われていた場合、2.2 で示したような経路が生成されるとパケットロスが多発してしまう可能性がある。このように OLSR では、新たにトラフィックが発生したときに、効率の良い経路選択ができないという課題がある。

第3章 PD-OLSR

3.1 概要

PD-OLSR は OLSR の基本的部分はそのまま使用し、経路選択の際にトラフィックの状態を考慮している。[10]PD-OLSR では、UDP 通信と TCP 通信のそれぞれの特性を生かすために、UDP 通信と TCP 通信の経路選択指標を別々に考える。UDP 通信は自身が検出するネットワーク上のキャリアの総量である UDP Traffic とし TCP 通信は自身が検出する TCP セッション数の合計である TCP Sesssion としている。このトラフィックの情報を HELLO メッセージと TC メッセージに追加して通知するため、トラフィックの状態を考慮することができ、パケットロスが減少する。

3.2 PD-OLSR の RT 生成

PD-OLSR では UDP 通信と TCP 通信で別々に RT を生成する。図 3.1 で UDP 通信におけるノード s からノード e への RT 生成を示す。ここで RMT(Routing Metric Table) を定義す

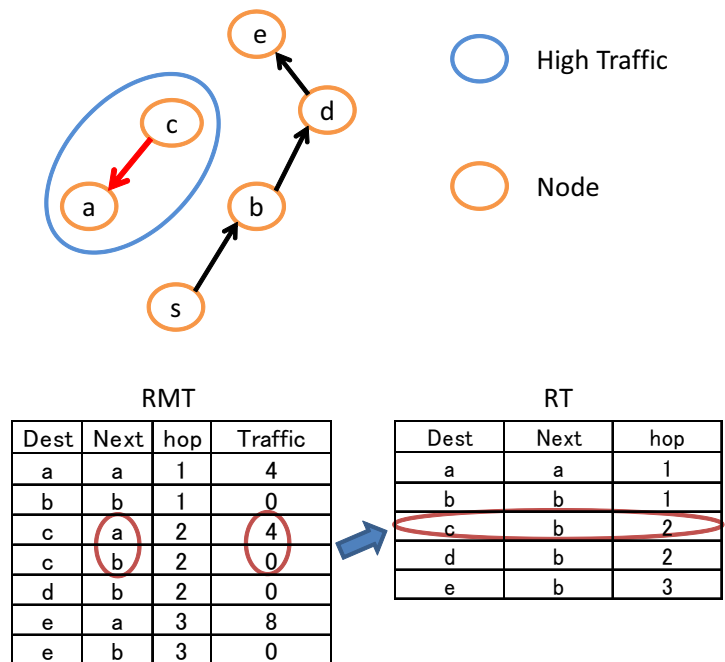


図 3.1 PD-OLSR における RT 生成手順

る。RMTはDest(宛先ノード)、Next(宛先への次ホップノード)、hpo(ホップ数)、Trafficから構成される。Trafficは、各ノードが計算したUDP通信のtraffic情報であり、図3.1はノードcからノードaに対してUDP通信が行われているため、仮に検出されるトラフィックの量を4と定義している。PD-OLSRでは、このTraffic情報をHELLOメッセージとTCメッセージに追加して各ノードに通知を行う。この情報を元に各Destに対して複数の最短経路を有するRMTを生成する。RMTが生成されると、各Destに対して最小のtrafficとなる経路がUDP通信用にRTとして選択される。例として、DestがcのNextはaとbの二つを有するがtrafficが少ないノードbが選択されRTを生成する。各ノードでRMTからRTが生成されると、ハイトラフィックゾーンを避けた経路[s b d e]という経路が生成される。TCP通信用のRT生成についてはUDPのTrafficをTCPのsessionに置き換えることで生成することができる。すなわち、各Destに対して最小Sessionとなる経路が選択される。

第4章 評価

4.1 評価内容

ネットワークシミュレーター ns-2 を用いてシミュレーションを行った。[11] 無線通信規格は、IEEE802.11 g を使用し、UDP 通信を行うことでシミュレーションを行った。OLSR および PD-OLSR のパケットロスフィールドサイズ・ノード密度・UDP の本数により比較を行った。

4.2 条件

ノードの配置は図 4.1 に示す 37 個の場合を例に等間隔に配置をした。UDP セッションは VoIP を想定しており、表 4.1 のようにした。シミュレーション時間は 300 秒とし、時間をおいて UDP セッションを増加させ、UDP 通信を行うノードはランダムで選択をする。試行回数は 10 回であり、10 回の試行の平均をグラフに示している。以上がすべてのシミュレーションに関する共通の条件であり、その他比較対象により条件が異なるため以下にそれぞれ記述を行う。

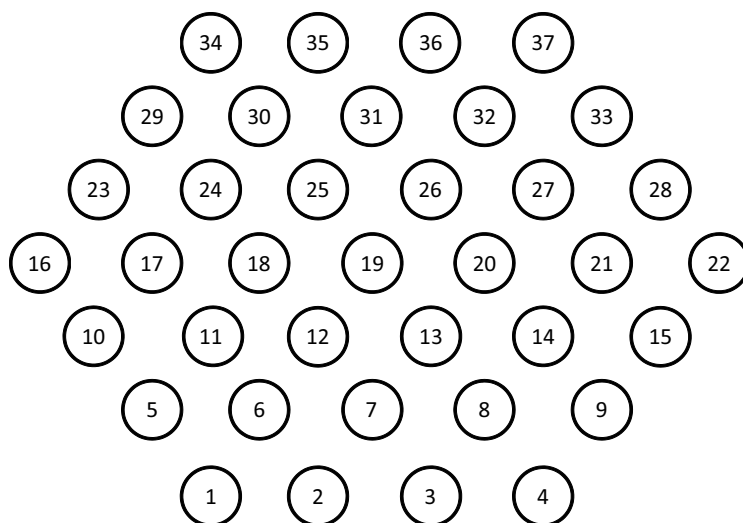


図 4.1 ノード数 37 個の配置図

表 4.1 パラメータ

通信ノード	
台数	2 台 1 ペア
選択方法	ランダム
通信タイプ	CBR
トランスポートプロトコル	UDP
パケットサイズ	200[Byte]
データ転送量	64[Kbps]

4.2.1 ノード数による比較の条件

ノードの構成を表 4.2 に示す。シミュレーション開始 50 秒後から 5 秒間隔で UDP セッションを 50 セッションまで時間を追って増加させていく。

表 4.2 ノード構成 1

概要			
ノード数	10[台]	37[台]	94[台]
電波到達範囲	100[m]	100[m]	100[m]
端末間距離	80[m]	80[m]	80[m]
ルーティングプロトコル	OLSR,PD-OLSR	OLSR,PD-OLSR	OLSR,PD-OLSR
UDP セッション数	50	50	50

4.2.2 密度による比較の条件

ノード構成を表 4.3 に示す。端末間距離を 30m としている。

表 4.3 ノード構成 2

概要			
ノード数	10[台]	37[台]	79[台]
電波到達範囲	100[m]	100[m]	100[m]
端末間距離	30[m]	30[m]	30[m]
ルーティングプロトコル	OLSR,PD-OLSR	OLSR,PD-OLSR	OLSR,PD-OLSR
UDP セッション数	50	50	50

4.2.3 UDP セッション数による比較の条件

ノード構成を表 4.4 に示す。上記の条件で一番パケットロスの少ない条件でシミュレーションを行った。セッション数 72 はセッション数 100 で行ったシミュレーションのトレースからセッション数 72 以降から通信が飽和状態であったため、セッション数 72 とした。

表 4.4 ノード構成 3

概要			
ノード数	94[台]	94[台]	94[台]
電波到達範囲	100[m]	100[m]	100[m]
端末間距離	80[m]	80[m]	80[m]
ルーティングプロトコル	OLSR,PD-OLSR	OLSR,PD-OLSR	OLSR,PD-OLSR
UDP セッション数	50	72	100

4.3 結果・考察

4.3.1 ノード数による比較の結果・考察

結果を図 4.2 に示す。縦軸はパケットロス数、横軸はノード数を示す。ノード数が増加するにつれて PD-OLSR におけるパケットロスが相対的に減少する結果が得られた。特にノード数 94 個の場合はノード数 10 個と 36 個の場合に比べ、フィールドサイズが格段に広くなっているため、その効果が大きく見られた。ノード数を増加させると経路生成の際に用いる最短経路の候補数も増加するためにパケットロスが減少した。ノード数が増加するほど、PD-OLSR の効果が大きく発揮されることがわかる。

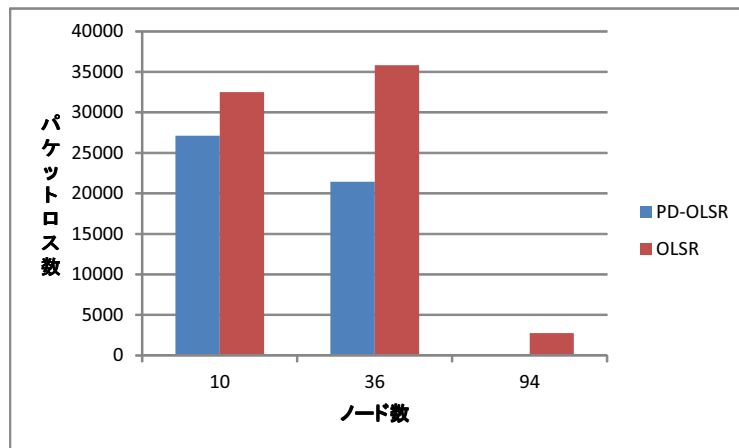


図 4.2 フィールドサイズによる比較

4.3.2 ノード密度による比較の結果・考察

結果を図 4.3 に示す。端末間距離を 30m に設定するとパケットロスは OLSR,PD-OLSR の両者で同程度発生してしまうという結果が得られた。密度を高くするとフィールドも狭くなるため、経路生成の際に選択肢となる経路が減少をしてしまい、最適な経路を選択することができない。また狭いフィールド内に通信が集中してしまうためフィールド内のどの経路においても通信が発生している状態になってしまうことからパケットロスが多発してしまう。

ノード数 10 個の時に、パケットロスがほとんどないのは、電波到達範囲内にノードが収まってしまっているからである。このように電波到達範囲に対してノード間距離が狭くなってしまると、複数の経路から最適な経路を選択することができず PD-OLSR の効果を十分に発揮することは困難である。

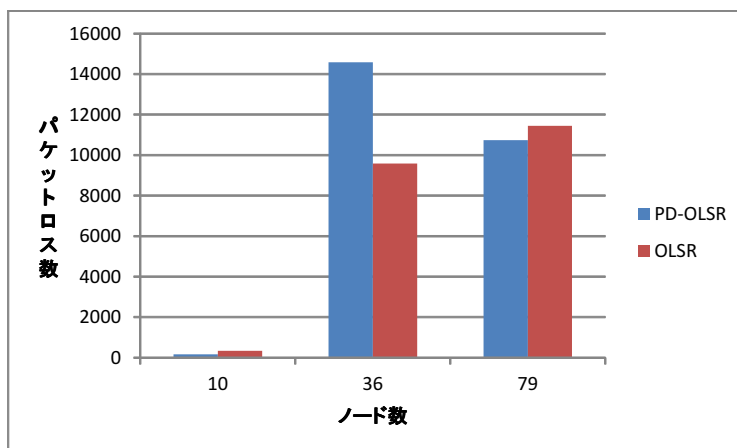


図 4.3 ノード密度による比較

4.3.3 UDP セッション数による比較の結果・考察

結果を図 4.4 に示す。このシミュレーションは図 4.2 に示したノード数 94 個のものと同様である。すなわち図 4.2 のノード数 94 個の結果と図 4.4 のセッション数 50 の結果は同じである。

同じ広さのフィールド内にて UDP セッション数を増加させているため UDP セッション数が多くなるにつれてパケットロスは増加しているが、セッション数 100 本の場合はノード数 94 個のフィールドでは通信が飽和状態になっており、両者パケットロスが増加しており、パケットロス数に差がみられない。セッション数 50 の場合は 94 個のフィールドでは空きすぎている状態であるため、両者パケットロスがほとんど発生していない。セッション数 72 はセッション数 100 のシミュレーションのトレース結果より、飽和状態がセッション数がおおよそ 75 本を送信したあたりから始まっていたため、ネットワークが飽和状態になる直前のセッション数である 72 本を設定をした。このネットワークにおける最大セッション数である 72 本のセッションを流しても PD-OLSR の効果は大きく発揮された。このようにトラフィックが飽和状態にならなければセッション数が増加しても PD-OLSR は有用である。

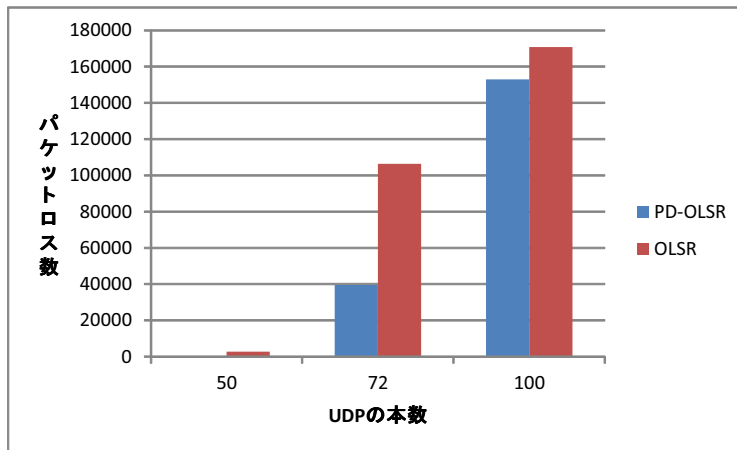


図 4.4 UDP セッション数による比較

第5章 むすび

OLSRの一部を改造し、TCP通信とUDP通信で別々のRTを生成し、本研究室にて提案された通信状況を考慮した経路選択が可能であるアドホックルーティングプロトコルPD-OLSRの評価を行った。評価はUDP通信についてネットワークシミュレーター ns-2 を用いてシミュレーションを行った結果より行った。その結果UDP通信においては、経路生成の際に十分な数の経路の候補が確保できるような条件になるほど効果が高くなることがわかった。今後は、TCP通信、TCP通信とUDP通信の混在環境、および移動端末などさまざまな条件下でシミュレーションを行い、PD-OLSRの効果を確認する。

謝辞

本研究を行うにあたり、多大なるご指導、ご鞭撻をいただきました渡邊晃教授に心より感謝いたします。また、有益なご助言、及びご検討を頂いた渡邊研究室の皆様にも深く感謝いたします。

参考文献

- [1] T.Clausen, Ed.: "Optimized Link State Routing Protocol(OLSR)", RFC3626(2003)
- [2] D.Johnson: "The Dynamic Source Routing Protocol(DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4", RFC4728(2007)
- [3] C.Perkins: "Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing", RFC3561(2003)
- [4] R. Ogier : " Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF) ", RFC 3684 (2004)
- [5] Zygmunt J. Haas, Marc R. Pearlman, Prince Samar: The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks, Internet draft, IETF MANET Working Group (2002). Expiration: January, 2003.
- [6] Charles E. Perkins, Pravin Bhagwat: Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance- Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers, ACM SIGCOMM, Vol. 24, No. 4 (1994).
- [7] V.Park, S.Corson: Temporally-Ordered Routing Algorithm (TORA) Version 1 Functional Specification, Internet draft, IETF MANET Working Group (2001).
- [8] Toh, C.-K.: Associativity-Based Routing for Ad-Hoc Mobile Networks, Wireless Personal Communications, Vol.4, No.2, pp.103-139(1997)
- [9] 高橋ひとみ, 斉藤匡人, 間 博人, 戸辺義人, 徳田英幸 : MANET における TCP スループット推定による経路選択機構の実環境評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 12, pp. 2857-2870 (2005).
- [10] 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, 2011-MBL-57, Vol.2011, No.25, pp.1-8(2011)
- [11] The Network Simulator - ns-2: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.