

平成26年度 卒業論文

和文題目

通信タイプの特性を生かした
アドホックルーティングプロトコルの検討

英文題目

**Study of Ad-hoc Routing Protocol Making Use of
Characteristics of the Communication Type**

情報工学科 鈴木研究室
(学籍番号: 110425156)

塩見 優

提出日: 平成27年2月12日

名城大学理工学部

概要

無線 LAN を標準搭載した無線端末の普及に伴い、無線端末のみでネットワークを構成するモバイルアドホックネットワーク (MANET: Mobile Ad-hoc Network) の研究が期待されている。MANET で提案されている多くのアドホックルーティングプロトコルは、経路生成の際に、経路上のトラフィックを考慮しておらず、最短経路が複数ある場合に高トラフィックの経路を選択してしまう可能性がある。また、TCP と UDP という全く異なる通信プロトコルに対しても同一の制御を行っており、特性を活かしきれていない現状もある。そこで本稿ではアドホックルーティングプロトコルの 1 つである OLSR(Optimized Link State Routing) を拡張し、TCP, UDP それぞれの特性を活かせる経路選択が可能な PD-OLSR(Protocol Dependent-OLSR) について検討する。

目次

第1章	はじめに	1
第2章	OLSR	3
2.1	OLSR の概要	3
2.2	OLSR の RT 生成手順	3
2.3	OLSR の課題	4
第3章	TCP と UDP の違い	5
第4章	PD-OLSR	6
4.1	PD-OLSR の概要	6
4.2	TCP の RT 生成	6
4.3	UDP の RT 生成	7
4.3.1	ダイクストラ法	8
4.3.2	リンクメトリックの設定	10
第5章	評価	11
5.1	シミュレーション条件	11
5.2	UDP の評価	12
第6章	PD-OLSR の拡張	14
6.1	電池残量を考慮	14
6.2	リンクメトリック	14
第7章	まとめ	15
	謝辞	17
	参考文献	19
	研究業績	21
付録 A	scenargie simulator	23
A.1	scenargie の概要	23
A.2	Scenargie の導入の経緯	23

A.3	OLSR の再現	23
A.4	PD-OLSR 再現のための構想	24
A.4.1	ns-2 での PD-OLSR	24
A.4.2	Scenargie に実装する計画	25

第1章 はじめに

無線 LAN は配線が不要で利便性に優れており，スマートフォンやタブレットといった携帯デバイスの登場により，急速に普及している．無線 LAN は AP(Access Point) を介して通信をするインフラストラクチャモードと，無線端末同士で直接通信を行うアドホックモードが存在する．アドホックモードを実装した端末同士の通信によって構成するネットワークを無線アドホックネットワークと言う．無線アドホックネットワークは大規模な災害が起こった場合に AP との通信が不可能になった場合でも，通信を行うことが可能である．また，イベント会場での一時的な無線ネットワーク環境を構築することもできる．配線が不要で，端末があれば通信が可能であるため，端末の新規参入も容易である．また，AP 間の配線を無線化し，AP によりアドホックネットワークを構築する無線メッシュネットワークにも注目が集まっている [1-4]．

アドホックネットワークの構築は，各端末がアドホックルーティングプロトコルを用いてルーティングテーブル(以下: RT) を生成する必要がある．現在までに多くのアドホックルーティングプロトコルが提案されているが，経路生成の際に中継端末数が最小となる最短経路を選択することを目的としており，どの経路を選択するかという規定はない．最短経路が複数存在した場合，高トラフィックの経路が選択されてしまうと，特定の端末にトラフィックが集中し，ネットワークがさらに混雑し，パケットロスが多発する．また，ノードの移動によってリンク切れが発生する場合も考えられ，このような事態が起こった場合に，スループットの低下につながるという課題がある．そのため単純に最短経路を選択することが最善な経路とは限らない [5]．

複数経路の中から適切な経路を選択することを目的として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) の経路選択では，リンク切れが長時間起こらない，安定した経路を選択する．それを可能とするために，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し，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判断し，安定した経路として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，ビーコン受信回数に大きな差が表れないため，スループットの向上が期待できない最短経路が選択される可能性がある [6]．

さらに，現在のルーティングプロトコルの研究では，TCP と UDP という全く異なる通信タイプについて同一制御を行い，共通の RT を用いている．マルチホップ通信時のスループット変化を測定すると，TCP ではホップ数が増加するほどスループットが低下するが，UDP ではホップ数増加によるスループット変化は見られない．TCP と UDP では性質が異なるため共通の RT を用いてしまうと，それぞれの持つ特性を十分に生かすことができていない．

本論文ではアドホックルーティングプロトコルの 1 つである OLSR(Optimized Link State Routing) [8] を拡張することによってトラフィック状態を考慮し，RT を TCP 用，UDP 用の 2 種類生成し，

それぞれの特性を生かした、負荷の低い最適経路の選択が可能であるアドホックルーティングプロトコルについて検討する。

マルチホップ通信時の2つのスループット変化を考慮し、TCP用のRT生成では、最短経路を選択する。最短経路が複数存在する場合は、ネットワークができるだけ混雑している箇所を避けた経路を選択する。UDP用のRT生成では、ホップ数によるスループット変化が見られないことから、最短経路だけでなく冗長経路も許容し、経路探索アルゴリズムの1つであるダイクストラ法を用いてすべての経路のなかから最適経路を決定する。

今回、PD-OLSRのUDP用RT生成に着目し、RTを生成するために使用するダイクストラ法が有効であるのかシミュレーションを行った。高負荷時、OLSRはパケットロス率が約30%であったが、PD-OLSRでは約0%という結果が得られた。また、ダイクストラ法を用いる際に、迂回度の調整を行う α という迂回度係数を設定し、迂回度係数が小さい値ほど迂回を許容するものがある。その迂回度係数を十分大きく設定し、迂回自由度を小さくした場合でも、OLSRとPD-OLSRのホップ数を比較すると、PD-OLSRは必ずしも最短経路を選択することはなく、冗長経路を選択することがわかった。

第2章 OLSR

2.1 OLSRの概要

OLSR (Optimized Link State Routing) [8] は INRIA のプロジェクトで提案された MANET を構築する Proactive 型のルーティングプロトコルである。Proactive 型の特徴としてはあらかじめ RT を生成し、通信要求が発生した場合に即座に通信を開始できるメリットがある。

OLSR では Hello メッセージと TC メッセージ、主にこの2つの制御メッセージのやりとりによってネットワークを構成する。Hello メッセージと呼ばれる制御メッセージは各ノードが定期的に隣接ノードへブロードキャストする。Hello メッセージには自身のアドレス、シーケンス番号、隣接ノードのアドレスなどの情報が記載されている。Hello メッセージを受信したノードは、隣接ノードのアドレス、隣接ノードのさらに隣接ノードを知ることができ、2 ホップ先のノードのアドレスまで得ることができる。TC メッセージはトポロジ情報を共有するためにフラッディングされる制御メッセージである。フラッディングとは、各ノードが自身の情報を、ネットワーク内のすべてのノードへ通知する動作である。送信元ノードは、制御メッセージを隣接ノードへブロードキャストし、そのメッセージを受け取ったノードがさらにブロードキャストを繰り返し、ネットワーク全体のすべてのノードにメッセージを中継する。OLSR では効率のよいフラッディングを実現するために、必要最低限の中継ノード MPR (Multi-Point Relay) を選択し、MPR として選択されたノードのみが TC メッセージを中継する。TC メッセージには自身のアドレス、シーケンス番号、自身の MPR セレクタのアドレスなどが記載されている。

Hello メッセージで各ノードが隣接ノードを発見し、その情報をもとに MPR を選択する。そして MPR ノードを介して TC メッセージを送信することにより、ネットワーク全体のトポロジ情報を共有し RT を生成する。

2.2 OLSRのRT生成手順

OLSR の RT は宛先ノード (Dest)、Dest への次ホップノード (Next)、Dest までの距離 (Dist) から構成され、各 Dest に対して1つの経路を保持し、さらに、各ノードが RT を保持している。図2に OLSR の RT 生成手順を示す。図1はネットワーク例であり、19 台のノードが等間隔に配置された状態で、電波到達範囲は隣接ノードとする。図2はノード a が保持している RT である。ノード b から s のうちノード b から q までの経路が途中まで生成された状態から、さらにノード r が RT に追加した状態を示している。

左側の RT に Dest がノード r となる経路が新しく追加されるとき、ノード r へ到達可能なノード

rの隣接ノード n, o, q, s を既に生成されている RT の上から順に探索したときに、最初に見つかるノード n を RT に登録する。そうするとノード a から r へ通信を行う際の経路は a → d → i → n → r というホップ数が最小な最短経路が決定される。このよう通常の実装では OLSR の RT を生成する際、最初に発見された最短経路が通信経路として選択される。

2.3 OLSR の課題

OLSR が図 1 のようなノード i から h へ通信が行われていた状態で、ノード i のまわりのトラフィックが高い場所ができていたとすると、図 2 で挙げた RT を使ってノード a から r へ通信する際に、さらにトラフィックが集中し、パケットロスが発生し、スループットの低下につながる可能性がある。このように OLSR ではあらたにならなトラフィックが発生した時の状態が考慮されておらず、さらにトラフィックが集中するような経路を選択して通信を行ってしまうといった課題がある。

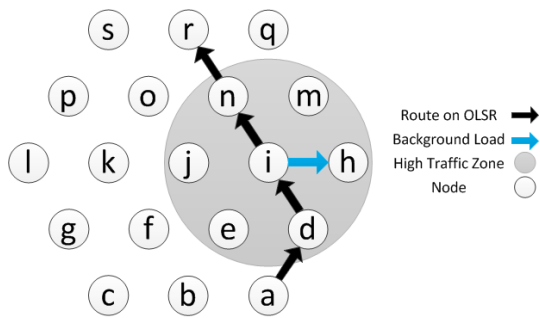


図 1 ネットワーク例

Dest	Next	Dist
b	b	1
d	d	1
e	e	1
c	b	2
f	b	2
h	d	2
i	d	2
j	e	2
g	b	3
k	b	3
m	d	3
n	d	3
o	e	3
l	b	4
p	b	4
q	d	4
r	d	4

Dest	Next	Dist
b	b	1
d	d	1
e	e	1
c	b	2
f	b	2
h	d	2
i	d	2
j	e	2
g	b	3
k	b	3
m	d	3
n	d	3
o	e	3
l	b	4
p	b	4
q	d	4
r	d	4

図 2 OLSR の RT 生成

第3章 TCPとUDPの違い

IP ネットワークではTCPとUDPという全く異なる特性の通信が存在する。TCPは信頼性の高い通信に適している。その理由として複数の制御をおこない、パケットロスした場合は再送を行うなどの処理を行う。一方、UDPは特別な制御は行わないため、リアルタイム通信に適している。これらの特性の違いはマルチホップ通信時のスループット変化として表れる。図3にマルチホップ通信時のスループット変化について示す。ノードを隣接ノードのみと通信可能な距離だけ離して、一直線上に並べ、ホップ数を1~10の間で変化させた場合のスループットを測定したシミュレーション結果である。マルチホップ通信時のTCPは輻輳制御によって順調にACKが返ってくると、ウィンドウサイズを拡大し、各ホップでネットワーク帯域を使いきろうとする。そのためホップ数の増加とともにスループットが大きく低下する。一方で、UDPは送信側が意図した流量のトラフィックがネットワークへ送出されるため、帯域に余裕がある限り、ホップ数増加によるスループット低下は起こらない。従来のアドホップルーティングプロトコルではこのような全く異なる通信に対して同一の制御が行われているため、特性の違いを経路生成に生かしておらず、効率のよい通信ができない。

そこで、TCPの輻輳制御により、TCPはホップ数によるスループット低下が大きいため、常に最短経路を選択したほうが効率は良いが、UDPはスループット変化が見られないことから、最短経路だけではなく、冗長経路でも許容できると考えられる。

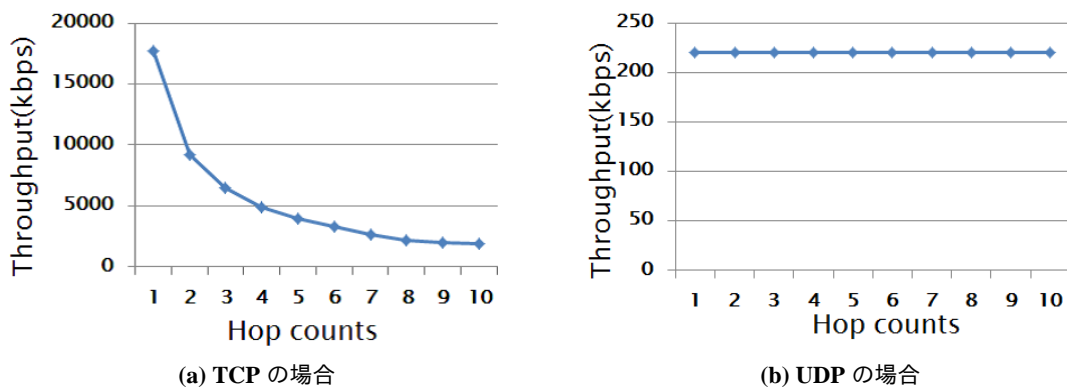


図3 マルチホップ通信時のスループット変化

第4章 PD-OLSR

2章であげた OLSR の課題，TCP/UDP の特性を考慮し，OLSR を拡張した PD-OLSR(Protocol Dependent - OLSR) [10] について検討する．PD-OLSR は OLSR の基本部分をそのままに経路選択指標については，TCP と UDP の特性に応じてそれぞれ決定する．

4.1 PD-OLSR の概要

PD-OLSR の特徴としては以下の2つが挙げられる．

- (1) TCP と UDP 別々で RT を生成
異なる特性を持つ2つの通信タイプについて別々に生成することで特性を生かした経路選択を行う．
- (2) 通信状態を経路選択に反映各ノードが通信状態を計測する．OLSR の制御メッセージパケットにトラフィック情報を追加させ，情報を共有させる．通信状態を経路選択に反映させ，特定のノードへのトラフィック集中を抑制する．

TCP 用と UDP 用の別々の RT 生成のため，経路選択指標として用いるトラフィック情報も分けて検出する．TCP 用の RT 生成には TCP セッション数，UDP 用の RT 生成には UDP トラフィックと定義する．TCP セッション数は自身が検出する1秒ごとの TCP セッション数の合計とし，UDP トラフィックは自身が検出する1秒ごとの UDP トラフィックの総量とする．この情報は各ノードがそれぞれ計測し，自身が送信元となる通信について含めるものとしている．

4.2 TCP の RT 生成

TCP 用の RT 生成では，図 3(a) により TCP のホップ数が増加するとスループットが大幅に低下することがわかっているため，最短経路を選択する．最短経路が複数存在する場合，最短経路の中からコストの最も低い経路を最適経路とする [11]．

図 4 に TCP のネットワーク例を示す．ノード i から h に通信が行われている状態で，ノード a から r に通信を行う場合，ノード i 周辺はネットワークが混雑しているため，混雑している部分を通るとスループットが低下してしまう．図 4 のネットワーク例の場合，最短経路が「 $a \rightarrow d \rightarrow i \rightarrow n \rightarrow r$ 」と「 $a \rightarrow e \rightarrow j \rightarrow o \rightarrow r$ 」の2つが存在する．そのため，ネットワークが少しでも混雑していない部分を通る通信経路を選択し，「 $a \rightarrow e \rightarrow j \rightarrow o \rightarrow r$ 」の経路を最適経路とする．

PD-OLSR では TCP の RT 生成の場合、不採用経路の情報もノード a が保持する。そのため最適経路として選択した経路がリンク切れが発生した場合に、不採用経路のなかからコストの低い経路に切り替えることが可能であり、通信が持続できる拡張性がある。

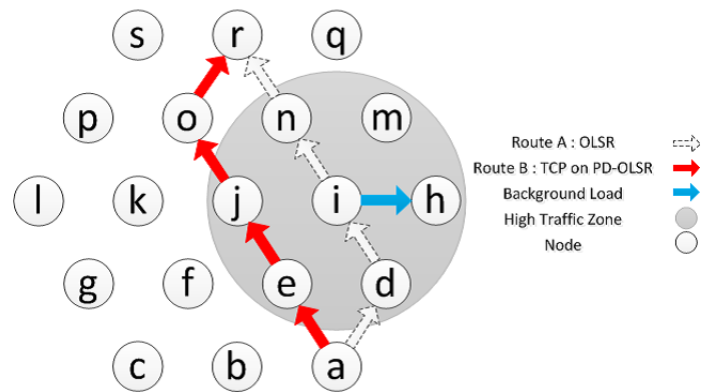


図 4 TCP のネットワーク例

4.3 UDP の RT 生成

UDP 用の RT 生成には UDP の特性から、UDP では冗長経路も許容できるため、取り得るすべての経路の中からダイクストラ法 [9] を用いて経路生成を行う。図 5 に UDP のネットワーク例を示す。TCP の場合と同じようにノード i からノード h に通信を行っている状態でノード a からノード r に通信を行う場合、UDP ではトラフィックの高い場所を迂回するような経路を選択する。この場合「a → b → f → k → o → r」である。このように PD-OLSR の UDP 用 RT 生成では、すべての経路から最もコストの小さい経路が選ばれる。

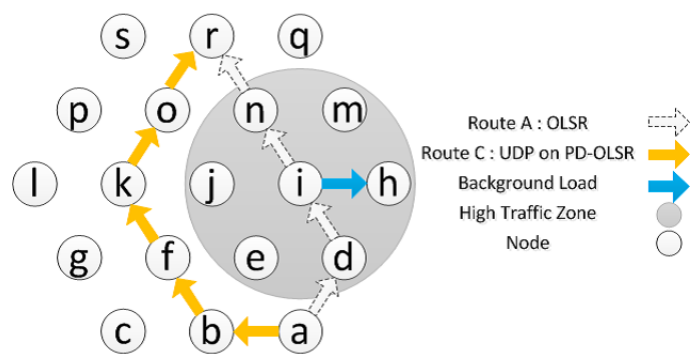


図 5 UDP のネットワーク例

4.3.1 ダイクストラ法

PD-OLSR の UDP 用 RT 生成では経路探索アルゴリズムとしてダイクストラ法を用いている。ダイクストラ法は経路探索をするためのアルゴリズムで、ノード間のリンクメトリックをもとに最小コストとなる経路を得ることができる。既存の OLSR ではホップ数を基準とした最短経路を選択しているが、UDP では冗長経路も許容できるため、ダイクストラ法を用いて、経路コストとして各ノードが想定した通信状態を用いることで通信状態を考慮した冗長経路を選択できる。

ネットワーク内の各ノードは、一定時間ごとに制御メッセージを送信する。制御メッセージを受信したノードは、自ノードが持っているネットワークの情報を更新する。

ダイクストラ法での経路生成手順を図 3 に示す。スタートノード S からゴールノード G までの経路生成手順であり、数字はその経路を通るために必要なコストである。

- (1) 図 6(a) から、スタートノードのコストを 0 とする。これはスタートノードから自身への最短距離であるため、コストを必要としないからであり、スタートノード S を確定ノードとする。
- (2) 図 6(b) より、確定ノード S から直接到達可能な隣接ノードを探索する。この場合 3 つの隣接ノードが発見される。その発見された 3 つの隣接ノードを探索済みノードとする。
- (3) 図 6(c) より、探索済みノードの中から最小コストを通る s から c の経路を選択し、c を確定ノードと決定する。c から新たに直接到達可能な隣接ノードを探索する。この場合新たに 1 つのノードが発見され、そのノードを探索済みノードとする。
- (4) 図 6(d) より、探索済みノードの中から最小コストを通る s から b の経路を選択し、b を確定ノードとする。その場合「S → c → b」の経路は使用されないため、c から b の経路は不採用経路となる。新しく登録された確定ノード b から、新たに直接到達可能な隣接ノードを検索し、新しく発見された G を探索済みノードとする。
- (5) 新たな確定ノードから隣接ノードを探索し、発見されたノードを探索済みノードとする。探索済みノードからコストの低い経路を選択し、選択された経路のノードを確定ノードとして登録する。この試行を繰り返し、すべての経路の探索が確定したのが図 6(e) である。最終的に「S → b → d → G」の経路が最小コストの経路となる。

図 6 のノード配置から、ホップ数をもとにした最短経路を選択した場合、「S → a → G」または「S → b → G」の経路になるが、ダイクストラ法では場合によっては冗長経路が選択できる。この理論をもとに PD-OLSR での UDP 用の迂回路経路生成に生かす。

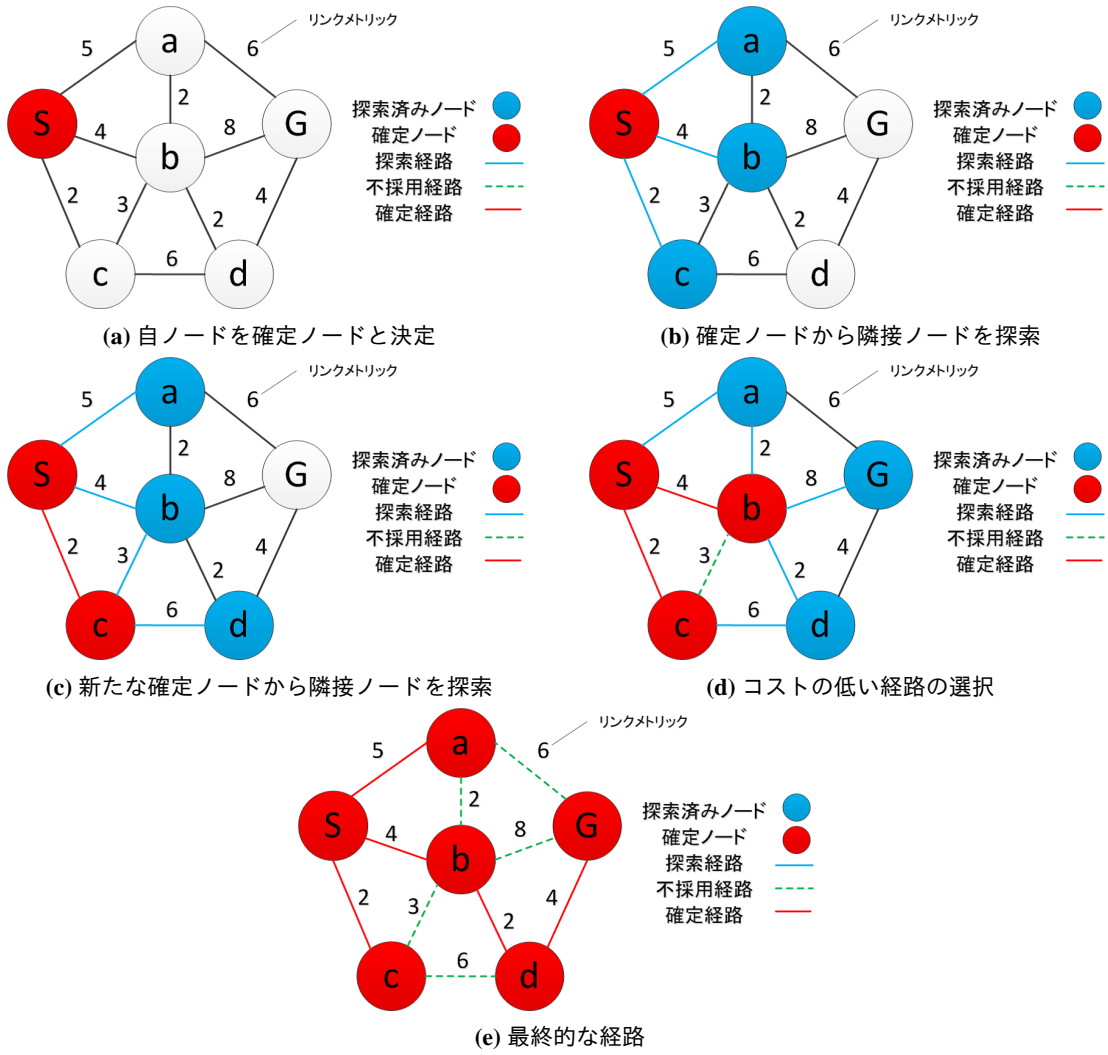


図 6 ダイクストラ法での経路生成手順

4.3.2 リンクメトリックの設定

PD-OLSR のリンクメトリックは式 (4.1) のように求める。L をリンクメトリック， T_{src} をリンク送信元ノードのトラフィック，H をホップコストとする。

$$L = T_{src} + H \quad (4.1)$$

また，ホップ数コスト H は α を迂回度係数， T_{max} をネットワーク内のトラフィック最大値とするとき，式 (4.2) のように求める。経路の迂回度に関わるホップ数コストは T_{max} に依存する。また，経路の迂回度は α によって調節する。このとき， T_{max} は各ノードの持つトポロジ情報内のトラフィック情報から最大値を求めるものとする。

$$H = \alpha T_{max} \quad (4.2)$$

つまり，リンクメトリックは式 (4.3) のように求める。

$$L = T_{src} + \alpha T_{max} \quad (4.3)$$

迂回度係数 α によって迂回度を調節するとき，この係数が小さくなるほど迂回を許容し，反対に，大きいほど迂回できなくなる。また，ネットワーク内のトラフィック最大値 T_{max} を考慮することで，ネットワーク全体が空いていれば迂回しやすく，ネットワーク全体が混雑していれば最短経路を選択しやすくなる。

第5章 評価

今回は4章で述べたPD-OLSRのUDP用RT生成に着目し、ダイクストラ法が有効であるかどうかの評価を行った。

5.1 シミュレーション条件

シミュレーションはPD-OLSRを実装したネットワークシミュレータns-2 [12]を使用する。表1にシミュレーション条件を示す。ノードは37台で、ノード配置は図7のように等間隔に配置する。このときの電波到達範囲は隣接ノードまでとする。シミュレーション開始1分後から1分毎に10本ずつ負荷となるセッション数を増加させ、計5分間、セッション数を40本まで増加させた。負荷がUDPの場合のOLSRとPD-OLSRを用いて、各5回ずつ行った。

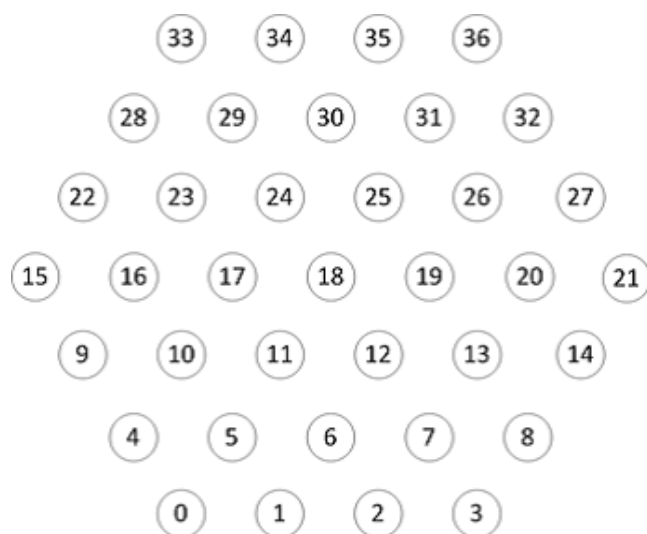


図7 ノード配置

表 1 シミュレーション条件

ネットワーク	
形態	アドホックネットワーク
通信規格	IEEE802.11g
電波到達範囲	隣接ノード
ノード数	37
通信組	2台1組, ランダム
セッション数 [本]	10~40
UDP	
通信タイプ	CBR
パケットサイズ [Byte]	200
レート [Kbps]	64

5.2 UDP の評価

UDP のパケット到達率を図 8 に、迂回度係数 α によるホップ数変化を図 9 に示す。図 8 より、40 本のとき OLSR のパケット到達率が約 70 % となった。OLSR は UDP の本数が多くなるほどネットワークが混雑し、パケット到達率が低下することがわかる。PD-OLSR では、迂回度係数 α が 1 ~100 までの場合 UDP の本数が増えてもパケット到達率が約 100 % という結果が得られている。 α が 0.5 のとき、ネットワークが混雑してないにもかかわらず、迂回自由度が大きかったため、過剰に迂回してしまい、パケット到達率の低下につながったと考えられる。

図 9 より、 α によるホップ数の変化を見ると、 α の値を大きくしたとしても、 α が 3 以上の値からはホップ数の大きな変化は見られなかった。しかしながら、OLSR の場合の平均ホップ数のような値にならないことがわかった。OLSR は常に最短経路を選択するが、PD-OLSR は必ずしも最短経路を選択しないことがわかる。このことから迂回度係数 α が十分大きくすると最短経路を最適経路として選択しやすいが、特定のノードにトラフィックが集中し、ネットワークが混雑した場合は、経路コストが非常に大きな値となるため、PD-OLSR では冗長経路を選択し、パケットロスを回避することができる。迂回度係数 α を十分大きくしたとしても OLSR より高い性能であると言える。

以上の考察から、PD-OLSR での RT 生成にダイクストラ法を使って冗長経路を選択することは非常に有用であると言える。

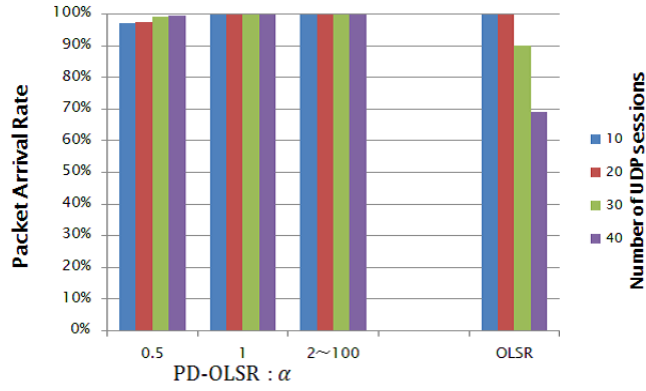


図 8 UDP パケット到達率比較

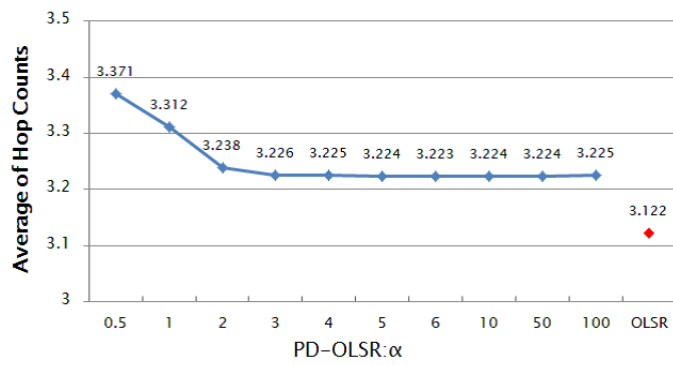


図 9 α によるホップ数の変化

第6章 PD-OLSRの拡張

6.1 電池残量を考慮

OLSRは通信頻度の高いネットワークに適していることから、安定した通信を継続的に行う必要がある。これまでPD-OLSRでは、経路コストとしてトラフィック情報のみを考慮していたが、ノードの電池残量などのメトリックの1つとして追加することも可能である。電池残量を用いた場合は各ノードが電池残量を周辺ノードに通知することにより、電池残量の低いノードは、通信経路として選択しない。このように、電池残量が不足して、通信経路が切断されることを防止できる。メトリックの情報を共有する場合は、制御メッセージにトラフィック情報のように追加するだけで実現が可能である。このように、PD-OLSRは経路コストとして複数の要素を組み合わせることができる。この方式により、アドホックネットワークにおいて効率的で安定的な通信が可能となる。メトリックの重み付けについては今後の検討課題である。

6.2 リンクメトリック

上記で上げた電池残量はほんの一例にすぎず、メトリックとして、隣接ノードの数、移動速度、送信待ちパケット数といった、様々な要素が考えられる。また、同じネットワークの形態であっても、使用目的によって優先される要素が異なる可能性がある。これについても今後の検討課題ではあるが、PD-OLSRの拡張性は非常に高いと言える。

第7章 まとめ

OLSR を拡張することにより，TCP 用，UDP 用の RT を別々に生成することで通信タイプの特徴を生かした PD-OLSR について検討を行った．UDP 用の RT 生成にダイクストラ法を用いたことにより，冗長経路を選択し，パケットロス率が OLSR と比較して，30 % 向上した．今後は Scenargie シミュレータに実装するとともに，TCP/UDP 混在環境についての評価を行う．

また，ノードが移動した場合やランダムに配置した場合についての評価や，さらに，6 章であげた PD-OLSR の拡張性についても検討する．

謝辞

本研究に関して，終始御熱心に方向性などのご指導とご教示を賜りました，指導教官である，渡邊晃教授に心より感謝致します。

本研究を進めるにあたり，多大なるご指導とご教授を賜りました，旭健作助教授，鈴木秀和助教授に心より感謝致します。

本研究を行うにあたり，有益なご助言やご討論を賜りました，渡邊研究室，鈴木研究室の皆様
に心より感謝致します。

最後に，研究を進めていく中，いつも暖かく支えていただいた家族の皆様
に心から感謝致します。

参考文献

- [1] 主な情報通信機器の普及状況: <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/html/nc243110.html>
- [2] 野村浩司, 岩尾忠重, 細川武司, 山田健二: アドホックネットワーク技術への取り組み FUJITSU.57, 3, p.253-257(05, 2006)
- [3] MetroMesh: <http://www.tropos.com/>.
- [4] MeshCruzer: <http://www.thinktube.com/>.
- [5] Couto, D. S. J. D., Aguayo, D., Chambers, B. A. and Morris, R.: Performance of Multihop Wireless Networks: Shortest Path is Not Enough, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 33, No. 1, pp. 8388 (2003).
- [6] Toh, C.-K.: Associativity-Based Routing for Ad Hoc Mobile Networks, Wireless Personal Communications: An International Journal, Vol. 4, No. 2, pp. 103139 (1997).
- [7] C-K.Toh: アドホックモバイルワイヤレスネットワーク-プロトコルとシステム, Vol. 共立出版, p. 2003.
- [8] T. Clausen, Ed. : Optimized Link State Routing Protocol (OLSR), RFC 3626 (2003)
- [9] Dijkstra, E.: A note on two problems in connexion with graphs, Numerische Mathematlk, Vol. 1, No. 1, pp. 269271 (1959).
- [10] 三嶋勇太, 他:PD-OLSR におけるプロトコルごとの経路制御に関する検討, 情報処理学会研究報告, 2013-MBL-69(6), pp.1-6, Dec.2013.
- [11] 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. 28572870 (2005).
- [12] The Network Simulator - ns-2: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [13] scenargie simulator: <https://www.spacetime-eng.com/jp/technologies>

研究業績

研究会・大会等

- (1) 塩見優, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃: プロトコルの違いを考慮したアドホックルーティングプロトコルの検討, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会論文集, Sep.2014.

付録A scenargie simulator

scenargie は Space Time Engineering からリリースされている統合シミュレーション環境である。本研究ではシミュレーションソフト ns-2 を使用してシミュレーションを行ってきたが、Scenargie base Simulator に移行する計画を実行中である。

A.1 scenargie の概要

現実世界での無線通信や人の行動の時系列での流れをソフトウェア上で模擬し、通信品質や人の振る舞いを、計算機上で評価することが可能である。Scenargie では通信品質の評価で、通信を必要とするアプリケーションやシステムにおいて、無線空間を通して、相手方の通信機まで通信が伝搬する様子や、周囲の通信機に影響を与える状況を模擬することが可能である。また、車両移動による交通流、自然災害時の避難行動等を模擬し、混雑状況や行動の犯科による通信状況の変化を評価することも可能である。

A.2 Scenargie の導入の経緯

ns-2 は元々、カリフォルニア大学のバークレイ高で開発されたネットワークをシミュレートするツールである。シナリオに OTcl, 実装は C++ の 2 つのプログラム言語を用いてシミュレーションを行う。このシミュレーションソフトはフリーソフトであり、サポートがない。また、スレッドを 1 つしか使用できないため、シミュレーションを実行から終了まで長い時間がかかる。Scenargie は Space Time Engineering が開発しているシミュレーションソフトで、サポートがしっかりしている。また、スレッドを任意で割り当てられるためシミュレーション時間が短い。さらに、Scenargie は ns-2 より実環境に近いシミュレーションが可能で、端末が移動する場合や、ノードを増やした大規模なシミュレーションにも対応できるため、PD-OLSR が将来的に多くのシミュレーションができるからである。Scenargie は GUI(Visual Lab) も提供しており、シナリオ記述が理解できなくても、視覚的に詳細な設定が行える。

A.3 OLSR の再現

ns-2 行っていた OLSR のシミュレーションの再現を Scenargie base simulator 1.8 で行った。無線端末の通信のシミュレーションには、dot11 モジュールを使用しなければならない。dot11 モジュールは IEEE802.11 通信規格のシミュレーションモデルソースコードが入っている。OLSR,

PD-OLSRでは、通信組がランダムであるため、乱数で通信組を40個生成するプログラムから、通信組をコピーして貼り付ければシミュレーションが出来る。図10のようにOLSRのUDPについては再現ができています。

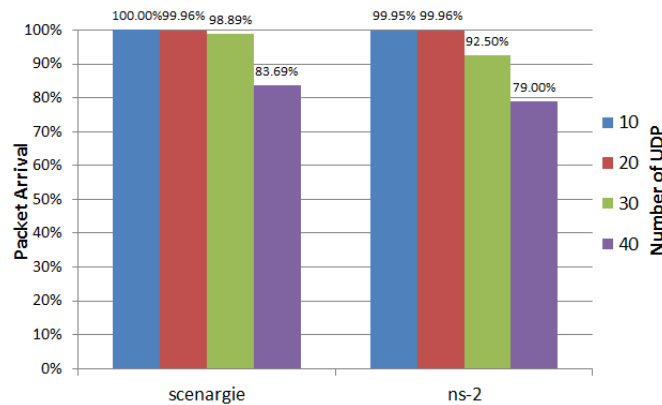


図10 scenargieでOLSRを再現(UDPの場合)

A.4 PD-OLSR 再現のための構想

A.4.1 ns-2でのPD-OLSR

セッション数のカウントやトラフィック量の計測ではどちらもまず、各ノードが受け取ったパケットの中身を見て、そのパケットがTCPなのか、UDPなのかを判断した後に、セッション数のカウントまたは、UDPの総トラフィック量の計測を行う。実環境であればセッション数のカウントは宛先のIPアドレス、プロトコル、ポート番号が同じものをどうセッションとし、1セッションとしてカウントします。ns-2では送信ノードと宛先ノードの通信組を1セッションとしてカウントし、新しい送信ノードと宛先ノードの通信が発見されたら新しくリストに追加し、リストにある通信組の個数をセッション数としている。図11、図12にセッション数のカウントについて示す。destは宛先ノード、sourceは送信ノードで、どちらの図もノードjが持つsession listである。ノードjは図11の場合2つの通信組をsession listに持っており、セッション数は2となる。図12のように新たなセッションが発生した場合、session listに登録されている通信組のdest、sourceに照らし合わせ、session listに通信組がなければ追加を行う。トラフィック量の計測では、各ノードがどれだけのトラフィックを扱っているのかを計測する。セッション数、トラフィック量、共に、各ノードが保持している情報を制御メッセージに組み込んで情報を共有している。また、どちらもネットワークの混雑状況を常に把握できるように1秒ごとにリセットをかけて再度計測を行う。

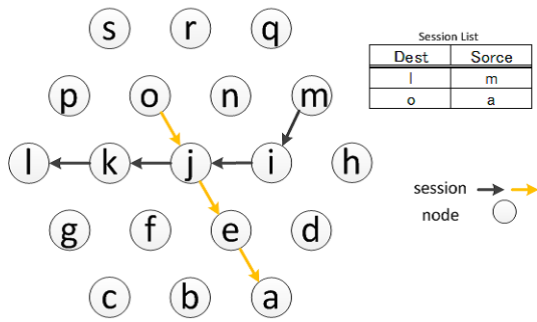


図 11 セッション数のカウント

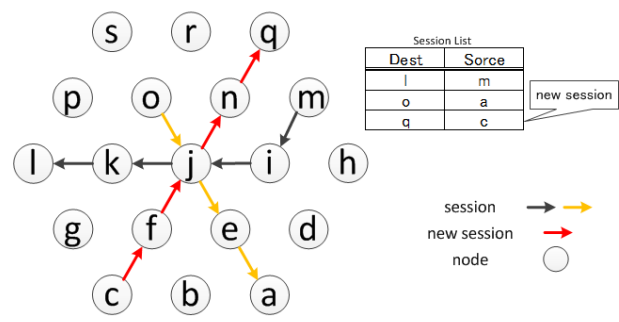


図 12 新しいセッションの追加

A.4.2 Scenargie に実装する計画

ns-2 では上で記述したセッション数とトラフィックを OLSR の制御メッセージに組み込んでブロードキャストしネットワークの情報を共有している。しかしながら各ノードのセッション数、トラフィック量は共通で使われるモジュールで管理されていることから制御メッセージに組み込まなくても、共通部分から値を参照しルーティングテーブルの生成ができる。トラフィック量やセッション数を Scenargie の共通で使われるモジュールで管理するよう設定できれば、各ノードがそのモジュールから値を参照でき、ルーティングテーブルの生成に使用できる。そうすればトラフィック量、セッション数を制御メッセージに組み込む実装を後回しにすることができる。これにより最小限の手を加えることで PD-OLSR を再現することが可能である。

図 13 に UDP トラフィックについての簡単な構想を示す。各ノードが受け取ったパケットのヘッダを Dot11 モジュール内の Dot11_mac で確認し、UDP であれば、データ部分の packet size を UDP トラフィックとして ArrayList に加算したものをトラフィック情報とする。そして RT 生成時、Routing モジュール内の nrl_olsr で ArrayList から値を参照する。現在この部分について実装を行っている状況である。

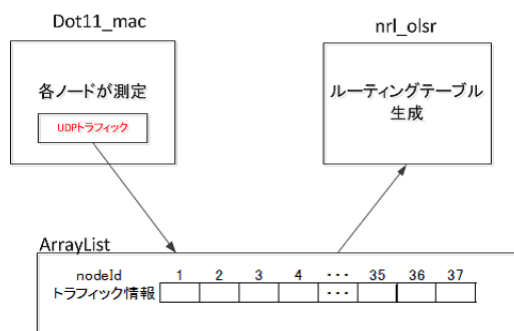


図 13 scenargie 実装計画