

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

110425156 塩見 優
渡邊研究室

1. はじめに

アドホックネットワークは、無線端末同士の通信によってネットワークを構築する技術で、基地局などのインフラを必要としないため、災害時などに利用が期待されている。しかし従来のアドホックルーティングプロトコルでは、TCPとUDPの挙動の違いを考慮していないため、効率的に通信ができず、通信速度が低下する可能性がある。

我々は、代表的なアドホックルーティングプロトコルOLSR(Optimized Link State Routing)を拡張することにより、TCP/UDPの違いを考慮した経路選択を行い、この問題を解決するPD-OLSR(Protocol Dependent-OLSR)[1]を提案している。本稿ではPD-OLSRの特徴を整理し、その拡張性について検討した。

2. OLSR

OLSRは、Proactive型に分類されるアドホックルーティングプロトコルである。Proactive型は、通信要求発生前からルーティングテーブル(以下:RT)を生成しておく方式であり、通信要求が発生すると即座に通信を開始することができる。また、通信を開始する際に遅延が発生しないことから通信頻度の高いネットワークに適している。OLSRのRTは、各宛先ノードに対して最短経路の中から任意に選択された経路を保持している。

3. TCPとUDPの違い

IPネットワークでは、TCPとUDPという特性の異なる通信が存在する。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。TCPは、輻輳制御によりネットワーク帯域を使い切ろうとするため、ホップ数の増加と共にスループットが大きく低下する。一方で、UDPは、端末が意図した流量のトラフィックがそのまま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ない。従来の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るため、特性の違いを経路生成に反映させることができない。

4. PD-OLSR

4.1 PD-OLSRの概要

PD-OLSRでは、TCPとUDPの特性を活かす経路選択を可能にするためRTをUDP用、TCP用の2種類を作成する。また、各ノードがTCPとUDPのトラフィックをそれぞれ測定し、制御メッセージによりこれらの情報を共有し、経路生成を行う。TCPでは、ホップ数によりスループットが低下することを考慮し、複数の最短経路の中から経路中の合計トラフィック情報が最も小さくなるものを選択する。UDPでは、ホップ数によるスループット低下が見られないことから、最短経路よりもホップ数を伸ばした冗長経路でも許容できると考えられる。そこで、最短経路探索アルゴリズムであるダイクストラ法を用いて、すべての経路の中から経路中の合計トラフィック情報が最も小さくなるものを選択する。

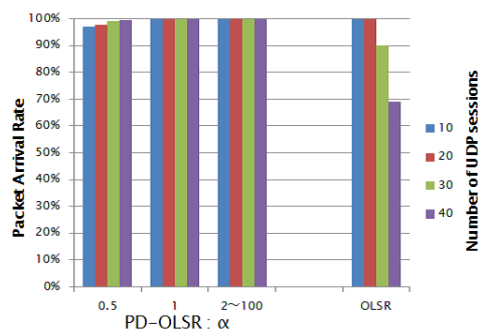


図 1: UDP のシミュレーション結果

4.2 UDPにおける評価

今回は、UDPに着目し、ダイクストラ法が有効であるかどうかの検討を行った。提案ではダイクストラ法に、迂回自由度を決める迂回係数 α を追加した。この迂回係数が小さいほど迂回を許容し、反対に、大きいほど迂回できなくなる。迂回係数を変化させたシミュレーション結果を図1に示す。図1の縦軸はUDPのパケット到達率、横軸はPD-OLSRにおける迂回係数 α (0.5, 1~100)の場合、そして左端がOLSRの場合を示す。10~40の数字はUDP通信のペア数を示す。 α が0.5のとき、ネットワークが混雑していないにもかかわらず、過剰に迂回してしまう現象がみられた。OLSRでは、セッション数が増加するとパケット到達率が低下し、セッション数40本では約70%となった。しかし、PD-OLSRではセッション数が増加してもパケット到達率が約100%を維持しており、UDPのマルチホップ時の特性を十分生かしたルーティングテーブル生成ができると言える。

4.3 PD-OLSRの拡張

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をメトリックの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ようにできる。このようにPD-OLSRは、経路コストとして複数の要素をメトリックとして組み合わせることができる。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。

5. まとめ

OLSRを拡張することにより、TCPとUDPの特性の違いを考慮した経路選択が可能なアドホックルーティングプロトコルPD-OLSRについて、その拡張性を検討した。今後は、TCP/UDP混在環境での性能評価を行う。

参考文献

- [1] 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.

通信タイプの特徴を生かした アドホックルーティングプロトコルの検討

渡邊研究室

110425156 塩見 優



研究背景

▶ 無線ネットワーク

- 配線が不要で端末が自由に移動できるなどの利便性

- インフラストラクチャモード
 - 現在の主流
 - AP(Access Point)を介して通信
- アドホックモード
 - 端末同士で直接通信

▶ アドホックネットワーク

- 無線端末が直接通信・自律的に構成するネットワーク
- インフラを利用できない環境 (例)災害時
- イベント会場など一時的な通信需要

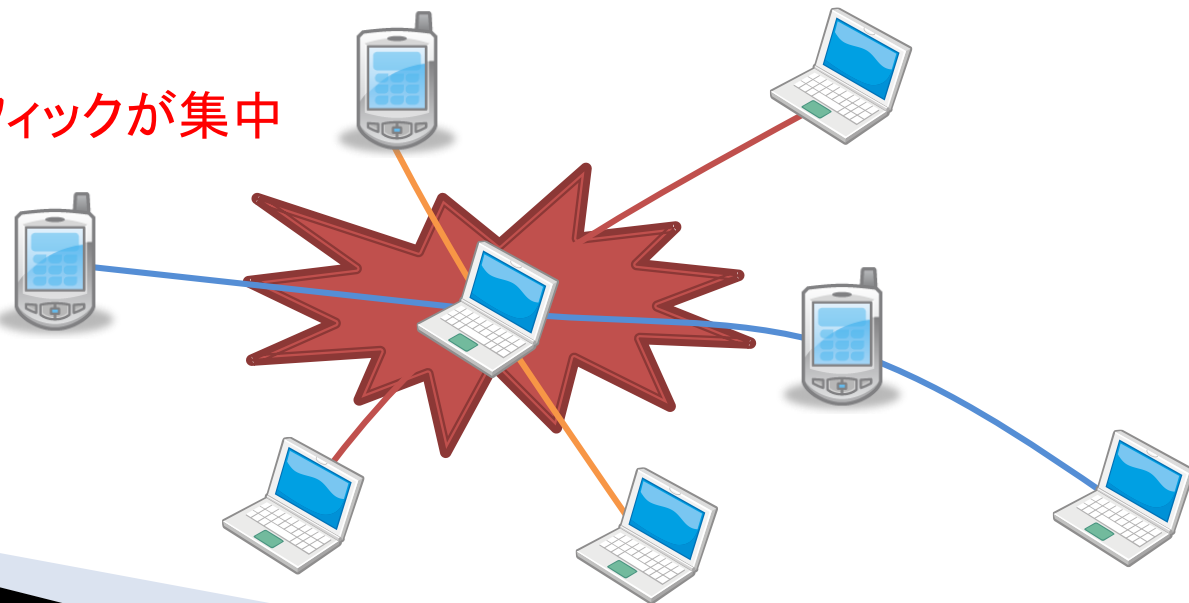


アドホックネットワークの課題

- ▶ 負荷集中によるパケットロス多発
 - 中継ホップ数が最小となる経路(最短経路)を選択
 - 複数の最短経路が存在する場合の選択方法は実装に依存

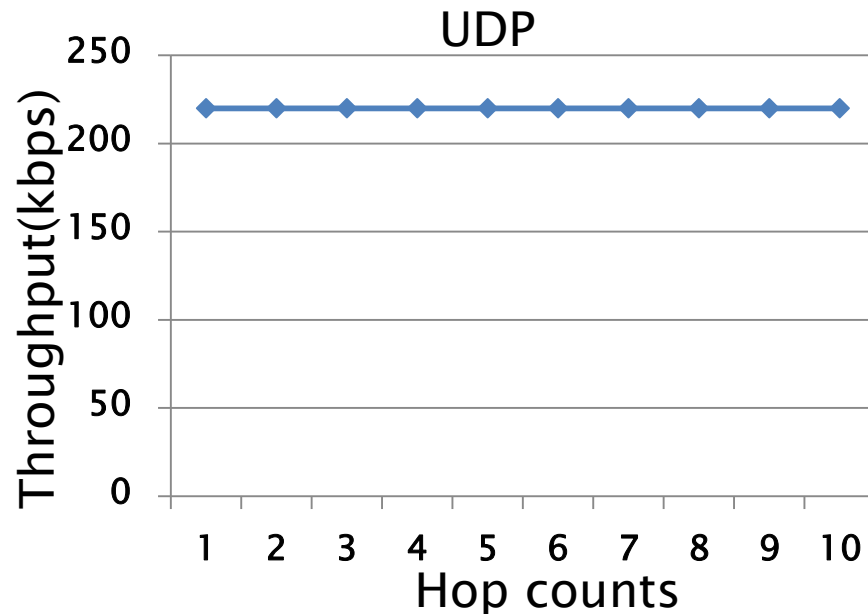
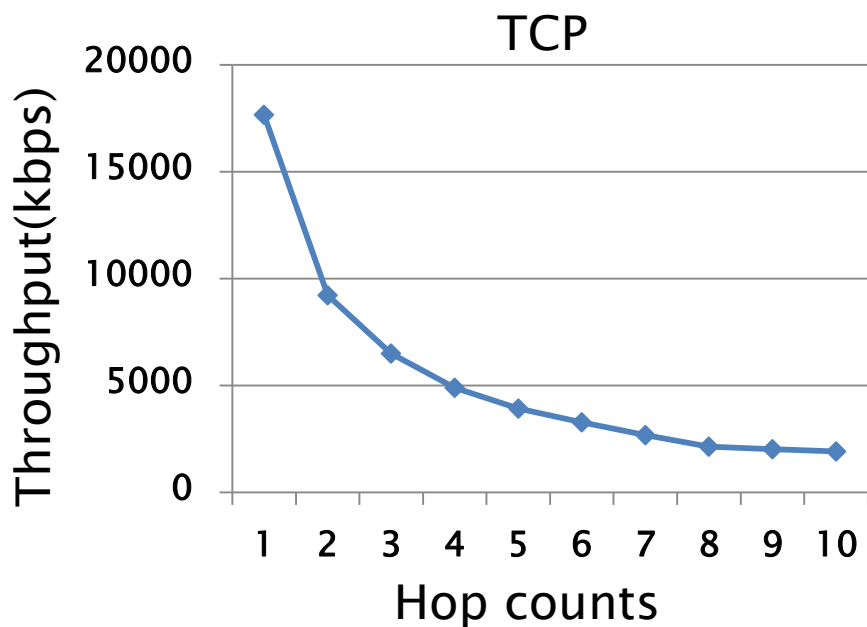
➡ 複数の通信で経路が重複 : トラフィック集中
パケットロス多発によるスループット低下

トラフィックが集中



マルチホップ時のスループット比較

- ▶ 1～10ホップのスループット変化をシミュレーションで測定



TCP: ホップ数に反比例して減少
UDP: 変化なし

アドホックネットワークの改善できる点

- ▶ 全く異なる性質を持っているが、同一制御を行っている

➡ 通信プロトコルの性能を活かしきれていない
経路が多数存在するアドホックでは考慮する価値がある

解決策

- ▶ プロトコル毎に最適な経路を選択
- ▶ 通信状態をもとにした動的な経路探索

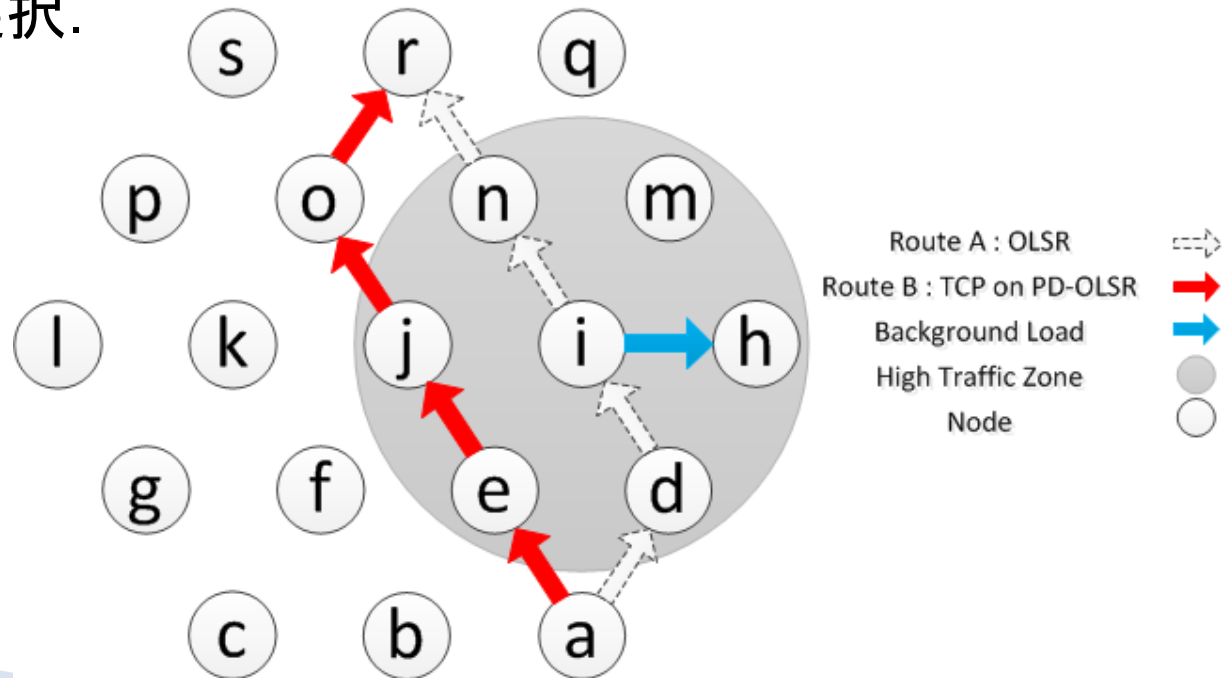
➡ PD-OLSR

PD-OLSR(Protocol Dependent – OLSR)

- ▶ OLSRを拡張
 - OLSR(Optimized Link State Routing)
 - 標準化されている代表的なプロトコル
 - 常にRTを保持する
 - 最短経路を選択
 - 制御メッセージの仕組み等の基本部分はそのまま用いる
- ▶ TCPとUDPで別々のRTを生成
 - 特性の違いに着目
 - TCPとUDPで別々に最適経路を設定
- ▶ 通信状態を考慮した動的な経路生成
 - 各ノードが常に自身の通信状態を計測

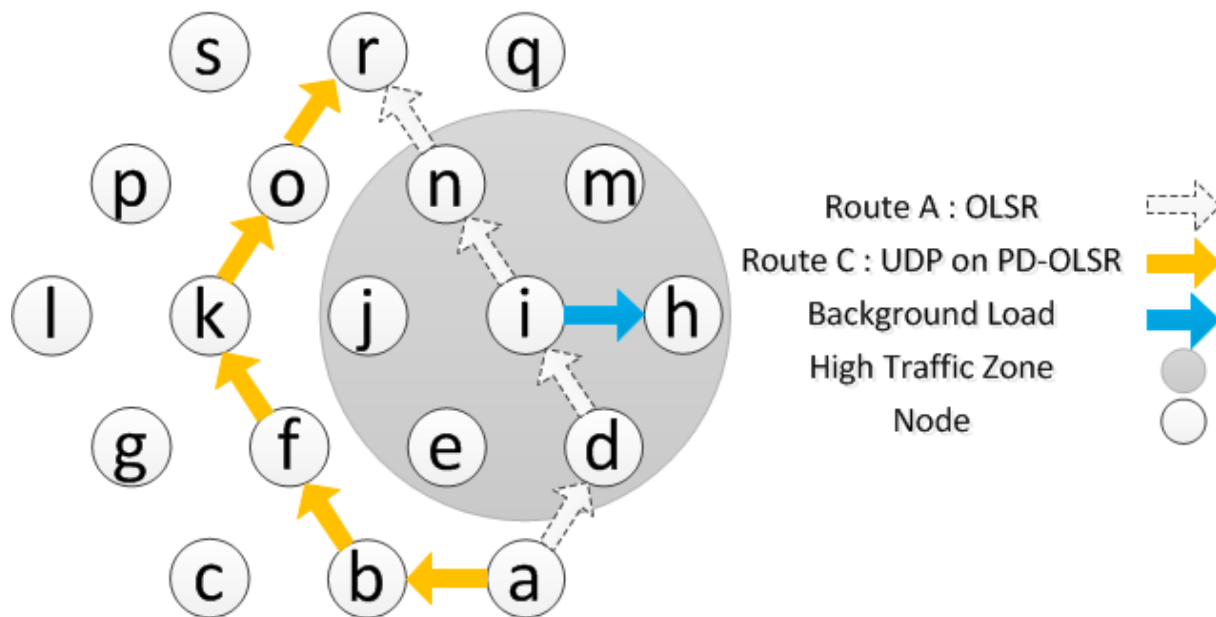
TCP用のRT生成

- ▶ 最短経路の中からできるだけ空いている経路を最適経路とする。
 - セッション数の少ない経路を選択
 - 例: $a \rightarrow r$ に複数の最短経路の場合, 最短経路の中から空いている経路を選択.



UDP用のRT生成

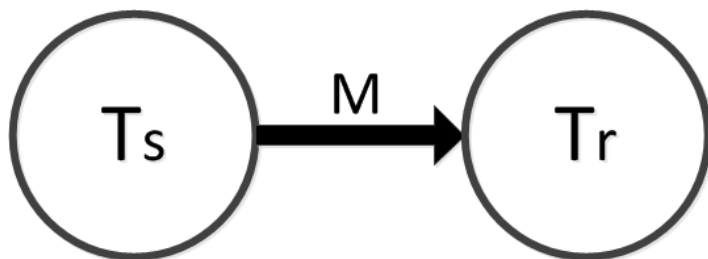
- ▶ すべての経路からトラフィックが最も少ない経路を最適経路とする。
 - 総トラフィックの少ない経路を選択
 - 例: $a \rightarrow r$ へ通信する場合, 混雑箇所を迂回する冗長経路を選択する.



UDP用のRT生成方法

▶ ダイクストラ法

- グラフ理論における最短経路探索アルゴリズム
- リンクメトリックをもとに最小コストの経路を選択



$$M = T_s + H$$

M : メトリック

T_s, T_r : リンク両端ノードのトラフィック

$$H = \alpha T_{max}$$

H : ホップ数コスト

T_{max} : ネットワーク全体の
ノードトラフィックの最大値

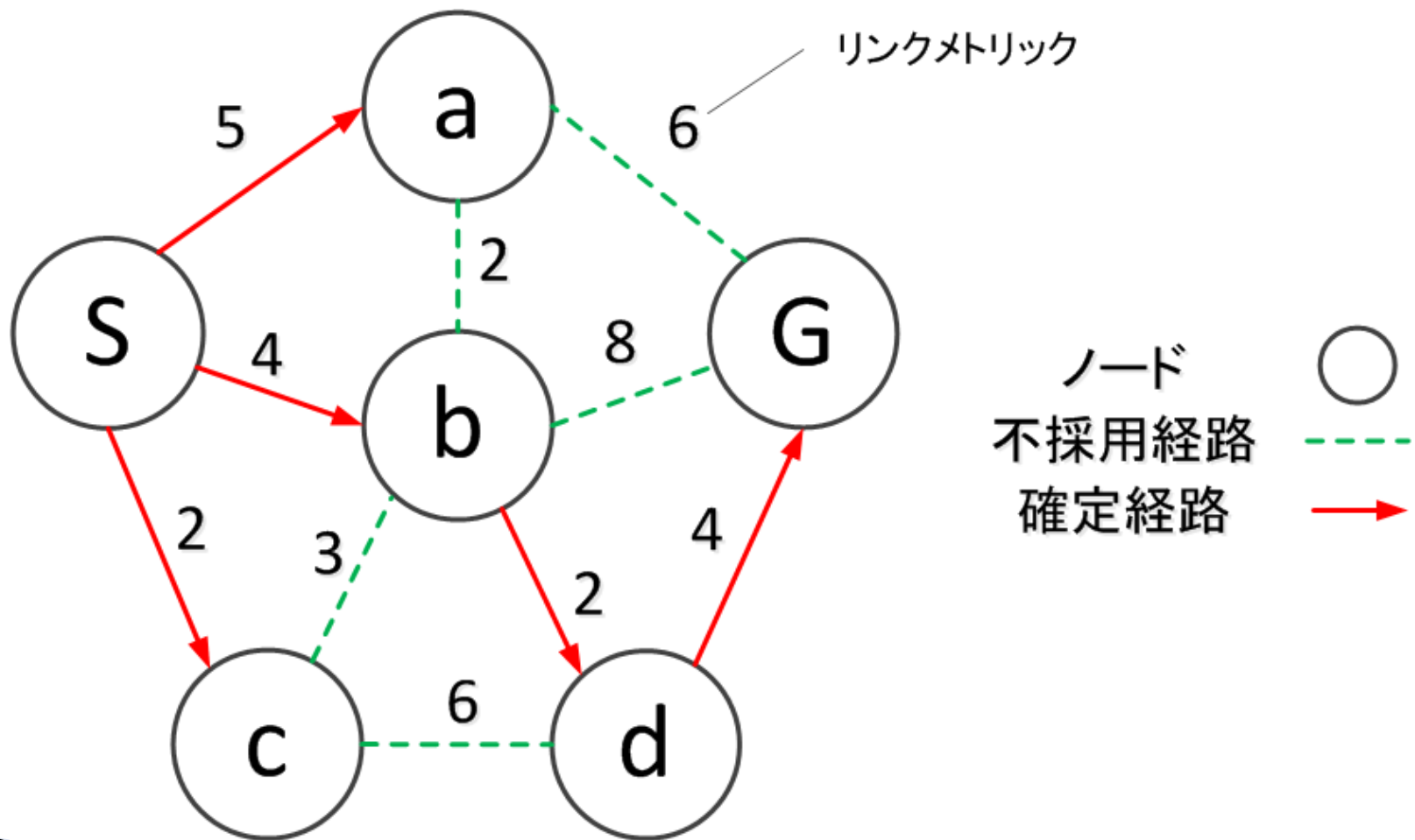
α : 係数

▶ ホップ数コスト

- 1ホップ分のコストを付加
- 経路の過剰な迂回を防止

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い

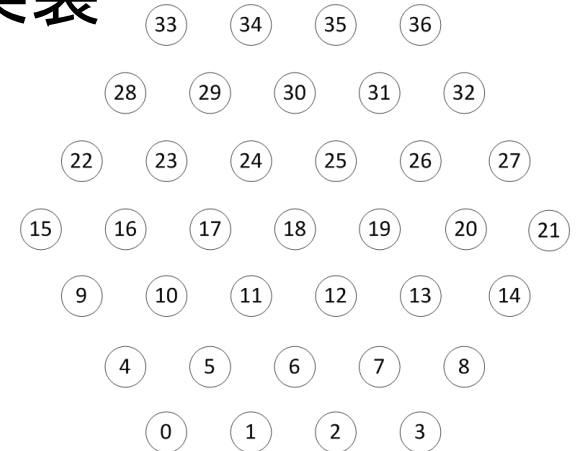
ダイクストラ法の経路探索例



シミュレーション評価

シミュレーション環境

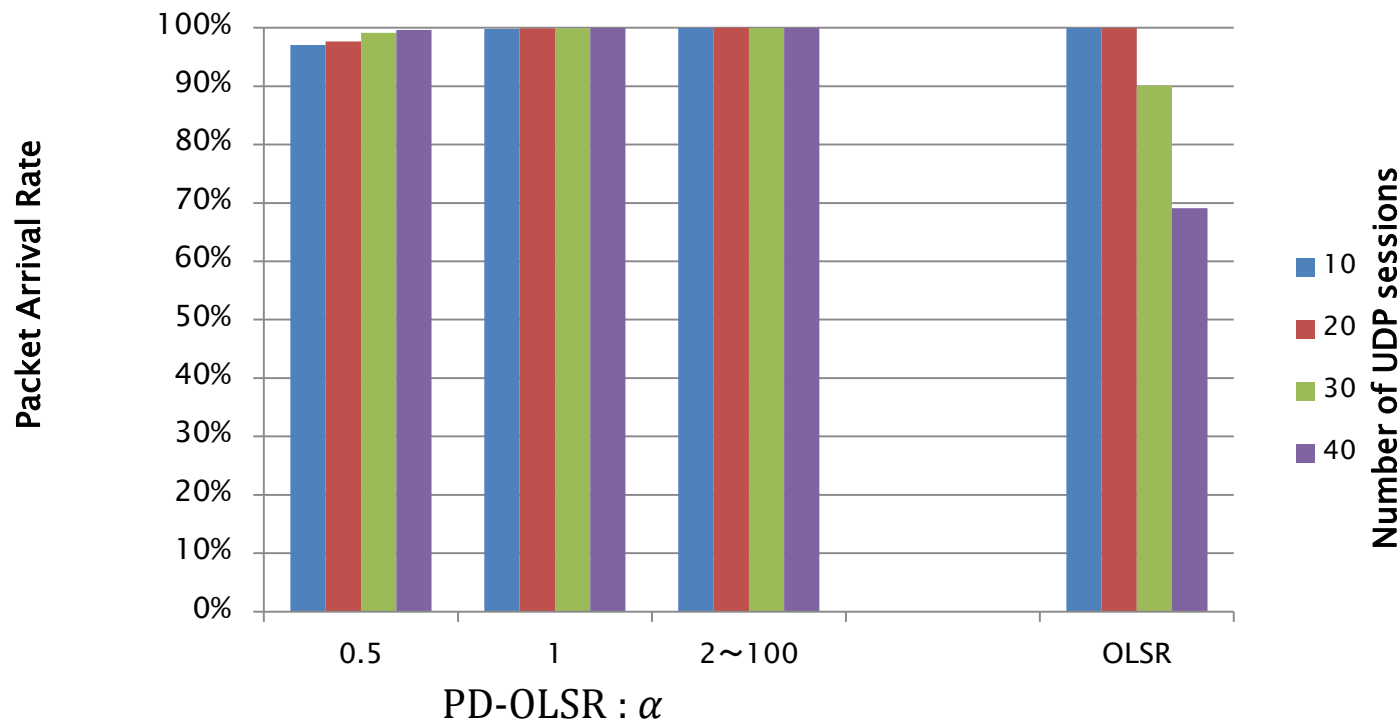
- ▶ ネットワークシミュレータ：ns-2に実装
- ▶ 電波到達範囲：隣接ノードまで
- ▶ 負荷ごとのOLSRとPD-OLSR比較
 - 10,20,30,40セッション
- ▶ UDP
 - パケット到達率とホップ数比較
 - PD-OLSR迂回度係数 α ：0.5, 1~6,10,50,100



ネットワーク設定

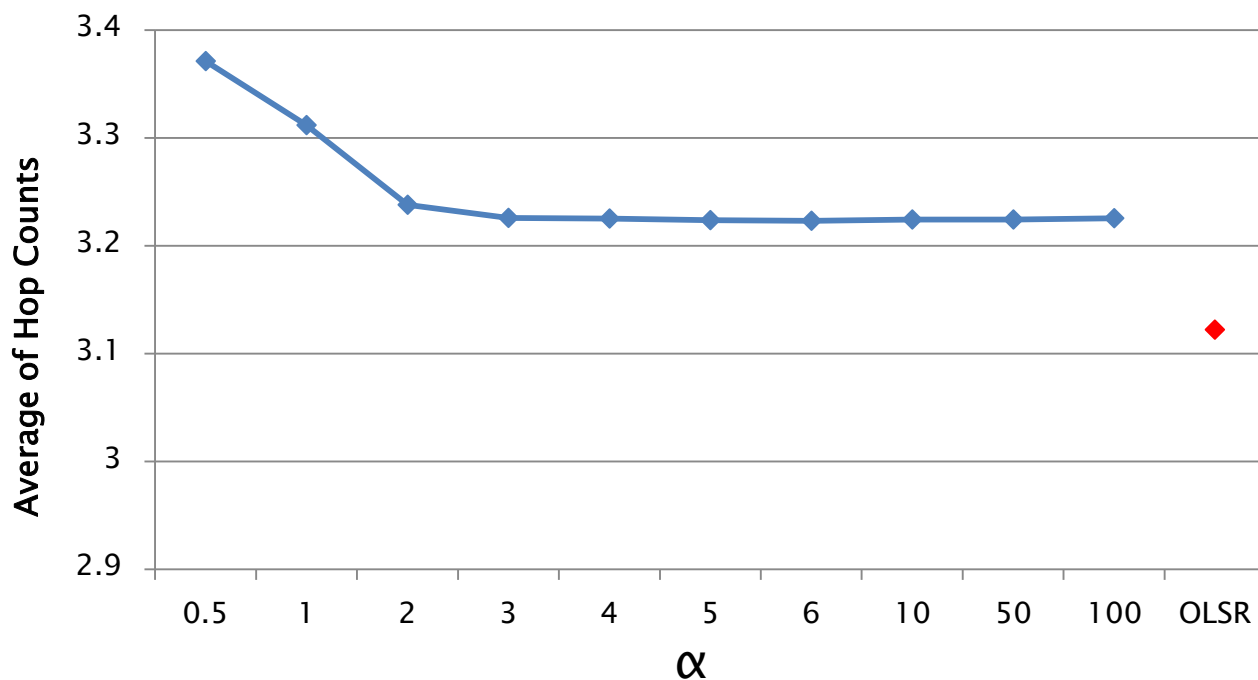
無線規格	IEEE802.11g
ノード数	37台
通信組	2台1組(ランダム)
UDP	
通信タイプ	CBR
パケットサイズ	200Byte
レート	64kbps

UDPシミュレーション結果(1 / 2)



- 過剰に迂回すると低負荷での到達率低下
- UDPセッション数40 : OLSRは到達率約70%, PD-OLSRは約100%

UDPシミュレーション結果(2/2)



迂回度係数 α を十分大きくしたとしてもパケット到達率はOLSRより高い性能
PD-OLSRは必ずしも最短経路を取ることではない

➡ 最短経路がすべてリンク切れが発生するほど混雑した場合に、PD-OLSRでは冗長経路を選択することで、パケットロスを回避できる。

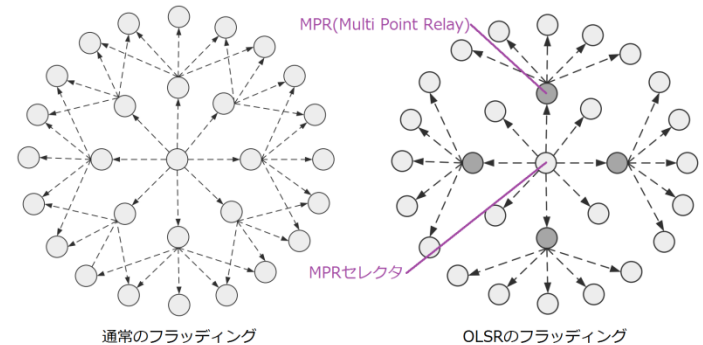
まとめ

- ▶ 通信タイプの特徴を生かしたアドホックルーティングプロトコルの検討
 - 通信プロトコルTCPとUDPの特徴を活かした経路生成
 - UDP単体ではダイクストラ法が非常に有効
- ▶ 今後
 - 様々なメトリックの検討
 - TCPとUDP混在環境での評価

付録

OLSR

- ▶ あらかじめRTを生成し, 各ノードが保持する
 - 通信時に通信遅延が起こらない
 - 消費電力が大きい
- ▶ HELLOメッセージにより隣接ノードと情報を共有する
 - リンク状態の確認が行える
- ▶ 効率のよいフラッディングを行う
 - 必要最低限のMPRを選択し, MPRのみがフラッディングを行う



通信プロトコルの特徴

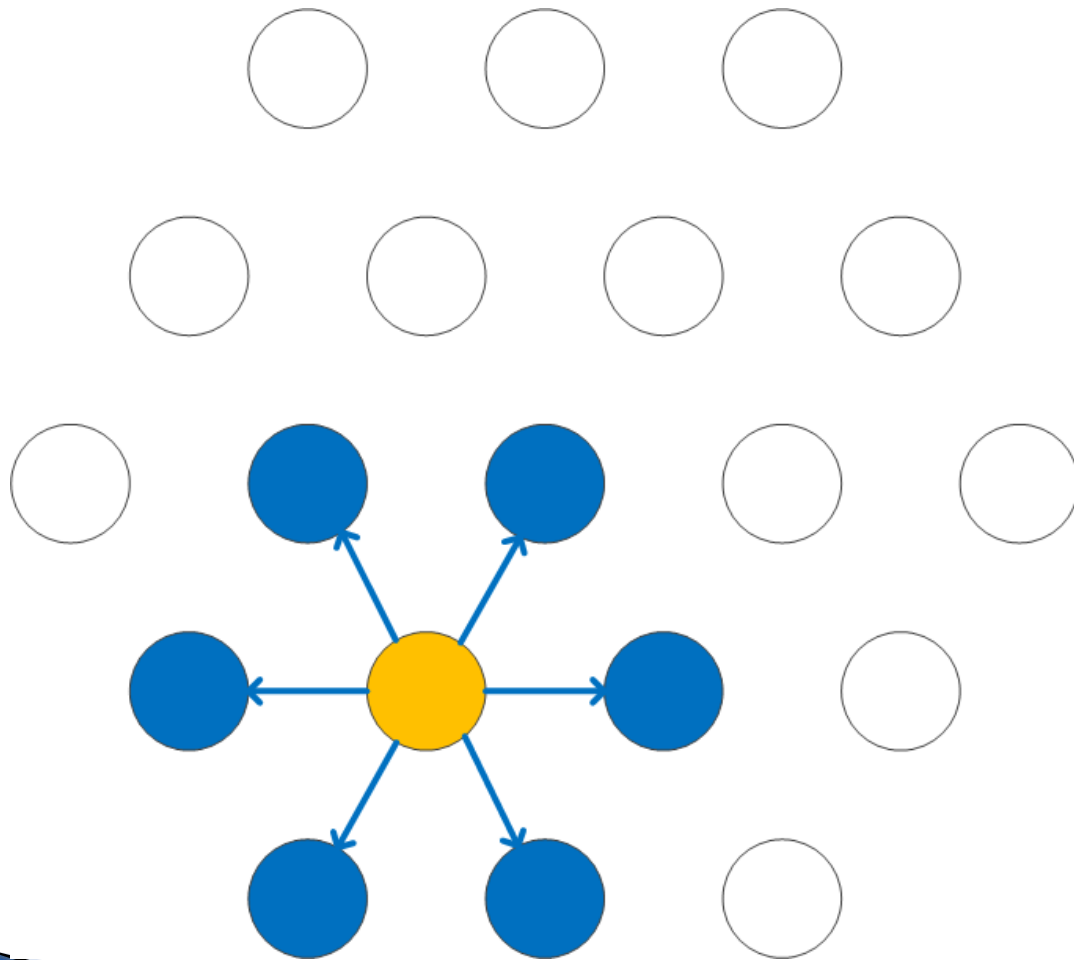
▶ TCP

- 信頼性の高い通信に適している
 - 輻輳制御によって順調にACKが返ってきた場合は、ウィンドウサイズを拡大し、帯域を使いきろうとする。

▶ UDP

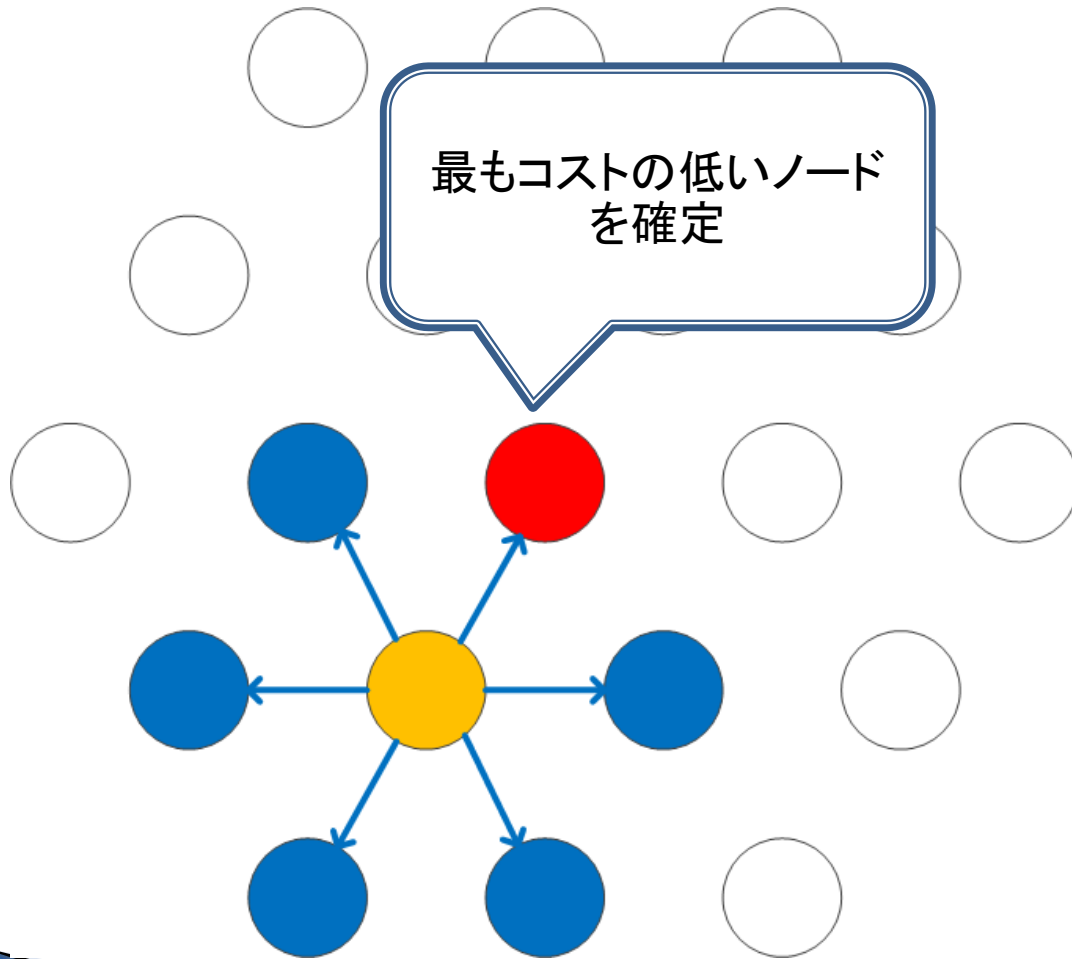
- リアルタイム通信に適している
 - 送信側が意図した流量のトラフィックがそのままネットワークへ送出する。

ダイクストラ法(1 / 5)



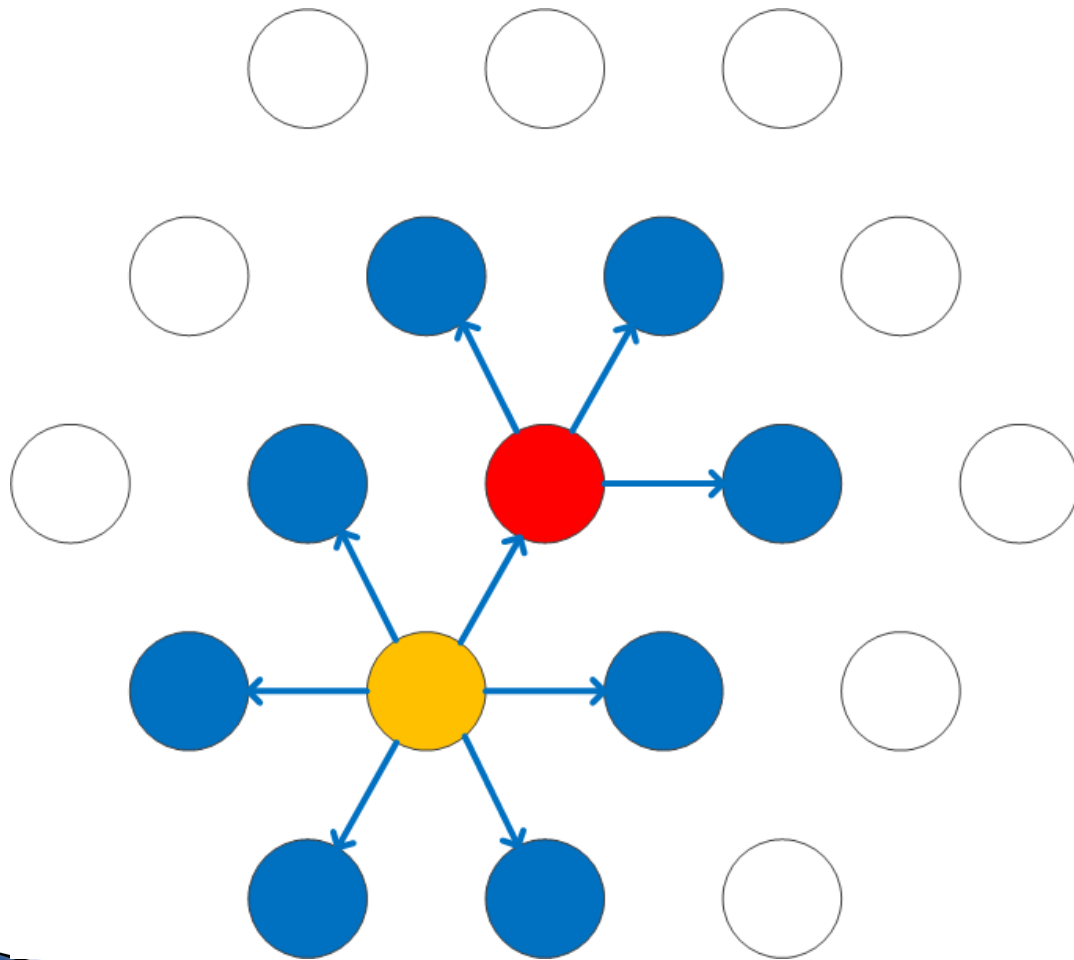
ダイクストラ法(2/5)

最もコストの低いノード
を確定



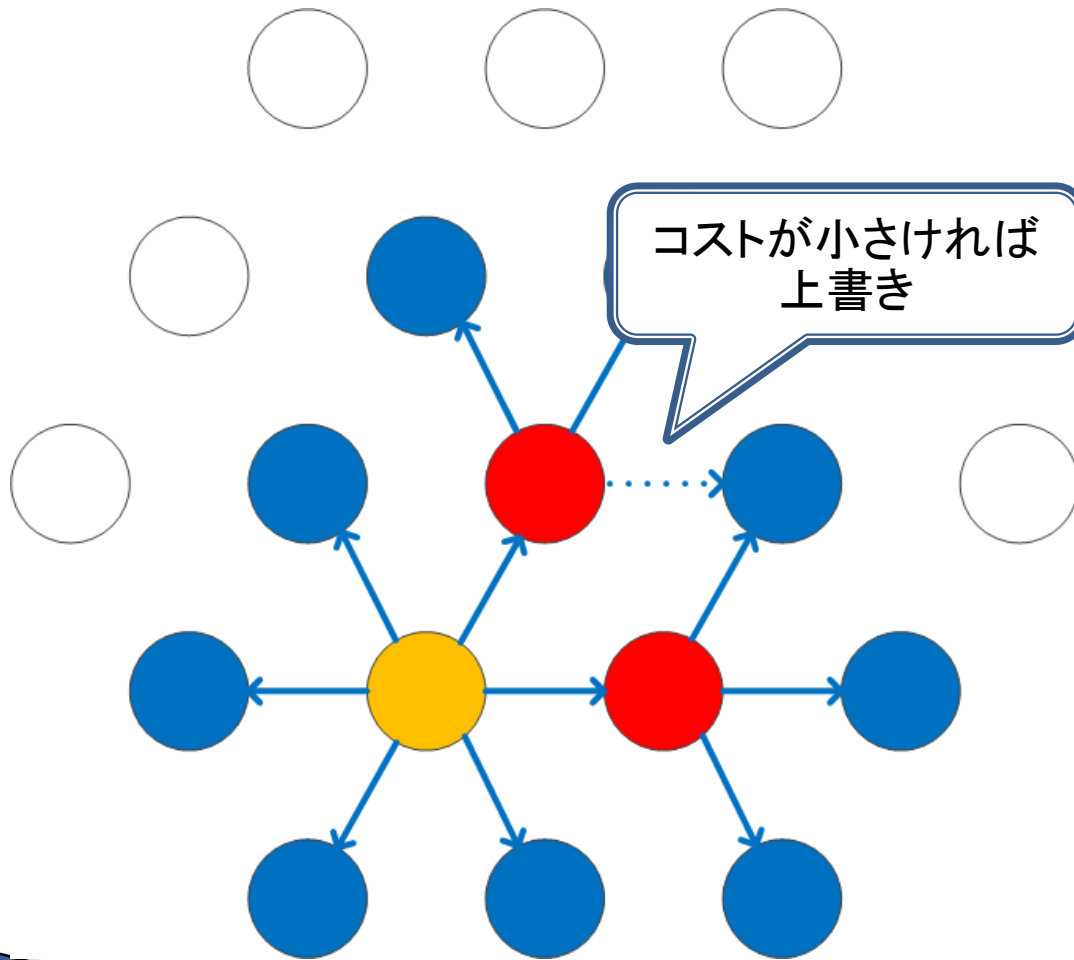
- 自ノード 
- 確定ノード 
- 探索済みノード 
- 未探知ノード 

ダイクストラ法(3/5)



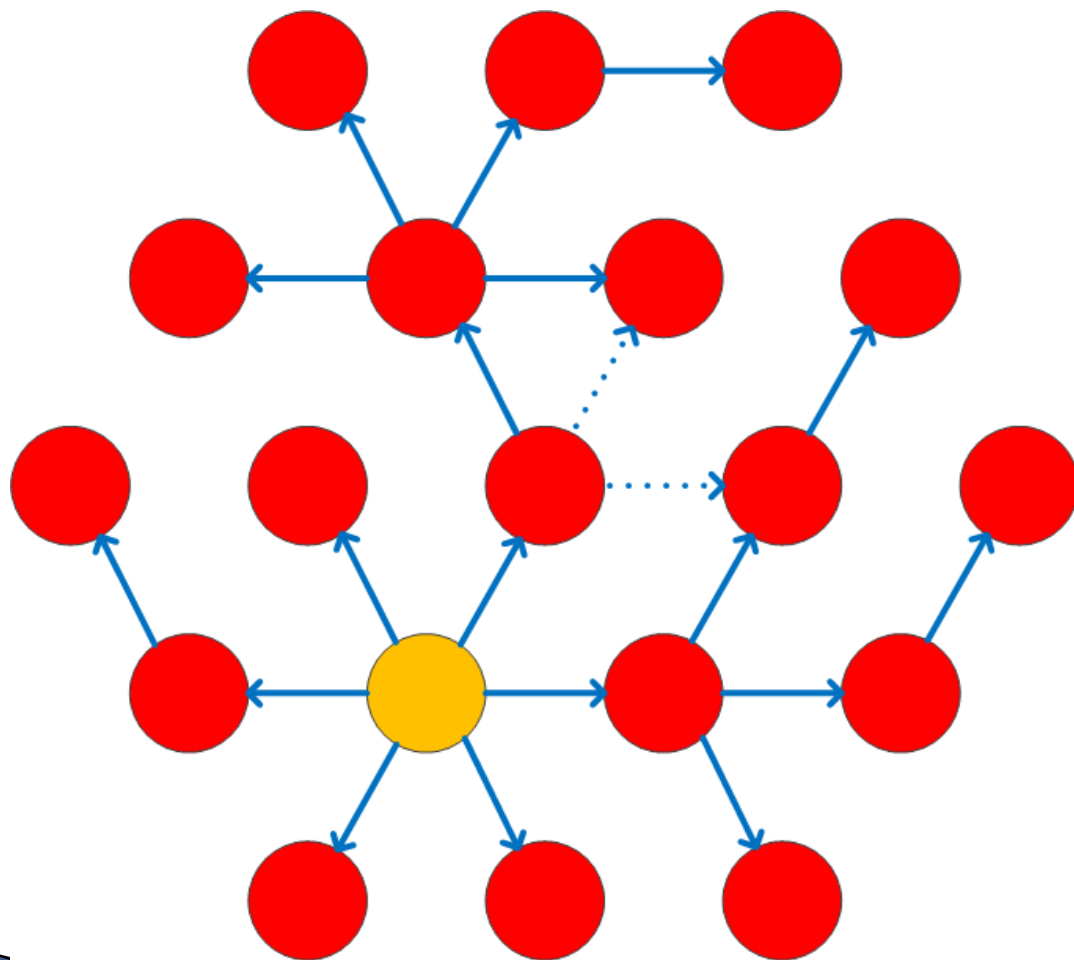
- 自ノード 
- 確定ノード 
- 探索済みノード 
- 未探知ノード 

ダイクストラ法(4/5)

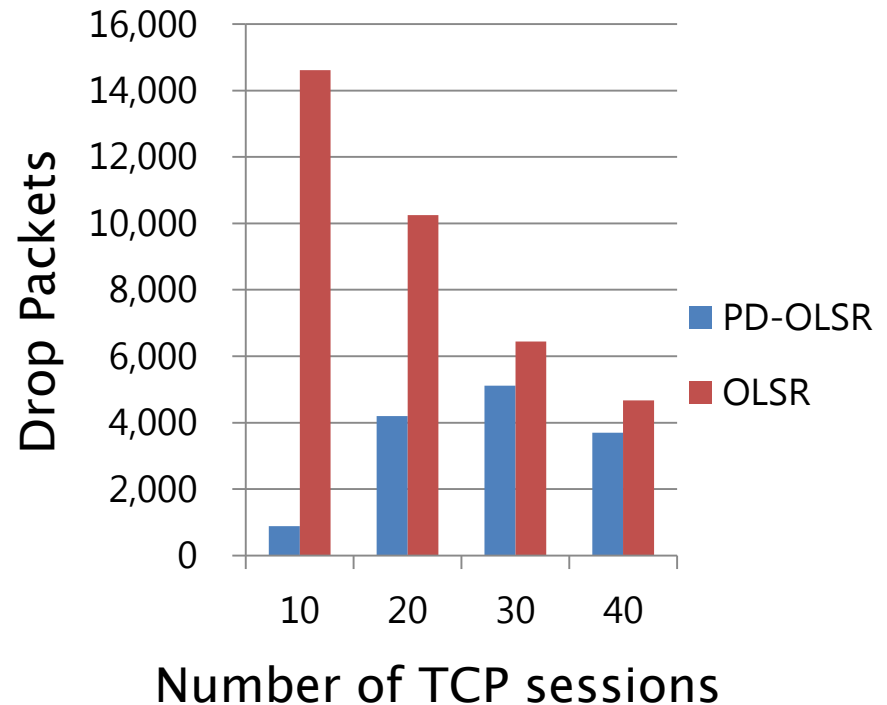
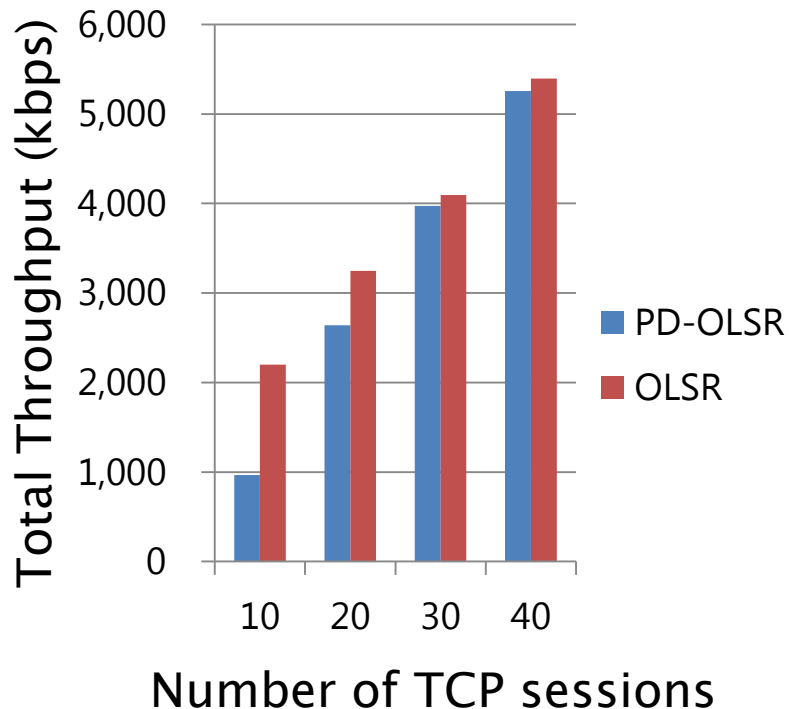


- 自ノード 
- 確定ノード 
- 探索済みノード 
- 未探知ノード 

ダイクストラ法(5/5)



TCPシミュレーション結果



通信中の経路切替によってウィンドウサイズが縮小, スループット低下

Yuta Mikamo. E: Proposal for an Ad-hoc Routing Protocol considering Traffic Conditions and Evaluation of UDP using a Redundant Route, The 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), No.2014, p.72-73

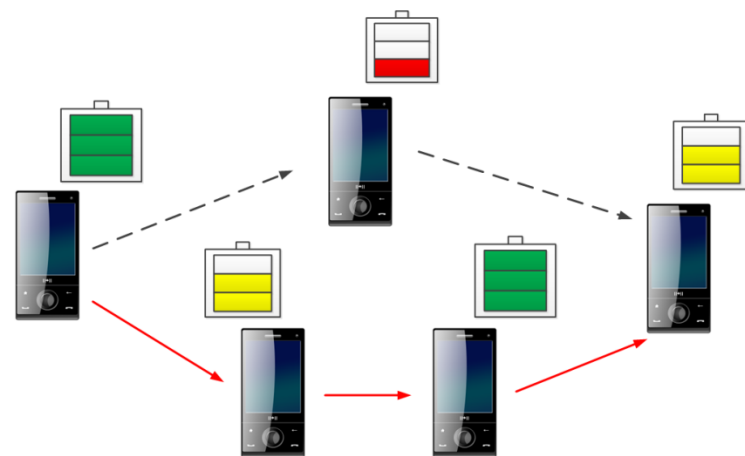
TCPシミュレーション結果(2/2)

- ▶ PD-OLSRのスループット低下の原因
 - 経路切り替えにより、パケットの追い越しが発生し、パケットロスとみなしてしまう
 - 輻輳制御が働く
 - PD-OLSRのドロップパケットはOLSRより少ない

通信中は経路を固定することにより改善可能

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
 - 安定した通信を継続的に行う必要がある
 - 各ノードの電池残量をメトリックの1つとして追加
 - 各ノードが電池残量の情報を共有



- ▶ メトリックの重み付けは検討中
- ▶ PD-OLSRは複数の要素をメトリックとして組み合わせる事ができる

Scenargie Simulator

▶ 概要

- 無線通信や人の行動の時系列での流れをソフトウェアで模擬
- 無線空間での、通信が伝搬する様子 of 模擬

▶ メリット

- マルチスレッドでシミュレーションが実行可能
- GUIを提供しており、シナリオを作成しやすい
- 現実世界により近い環境を再現可能