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

塩見 優*，旭 健作，鈴木 秀和，渡邊 晃 (名城大学)

Study of Ad-hoc Routing Protocol Considering Differences in Protocols

Yu Shiomi, Kensaku Asahi, Hidekazu Suzuki, Akira Watanabe (Meijo University)

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 Routhing) 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　既存技術

OLSR は，Proactive 型に分類される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する．

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していない．

4　PD-OLSR

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 種類作成する．また，各ノードがトラフィックを測定し，制御メッセージによって共有したトラフィック情報をもとに経路生成を行う．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．

Fig.1 に OLSR と PD-OLSR の経路例を示す．ネットワーク構成は，ノード 19 台が等間隔で配置されており，電波到達範囲は隣接ノードまでとする．また，背景負荷としてノード i から h に

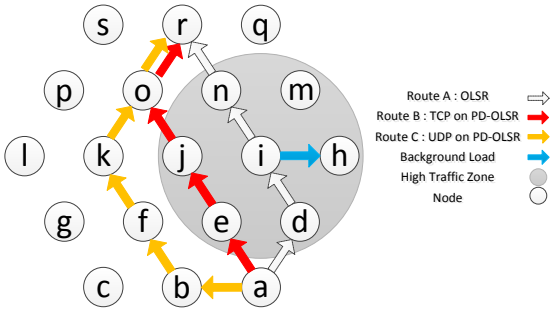


Fig. 1　Example of Routes on OLSR and PD-OLSR

TCP または UDP による通信が行われている状態で，隣接ノード d，e，j，m，n では TCP セッション数または UDP トラフィックが検出されているものとする．図中では，ノード a から r への TCP，UDP の 2 つの経路が生成される例を示している．OLSR の場合，経路 A のような，ホップ数を基準とした最短経路の中のひとつが選択される．このとき OLSR では，ノードのトラフィックは考慮されないため，トラフィックの高い経路が選択される場合がある．そのため，特定のノードに負荷が集中することによりパケットロスが多発し，スループットが低下する可能性がある．PD-OLSR では，例えば，トラフィック情報をもとに経路選択を行うことにより，TCP では，経路 B のような最短経路の中から負荷の高いノードを避け，経路コストが最小となる経路，UDP では，経路 C のようなすべての経路の中から負荷の高いノードを避けた経路を選択することができる．

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，トラフィック情報だけでなく，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．電池残量が無くなり，通信経路が切断されることを防止できる．

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．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．

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，ネットワークシミュレーションによる，性能評価を行う．

文　献

[1] Yuta Mikamo. E : The 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014)，No.2014，p.72-73

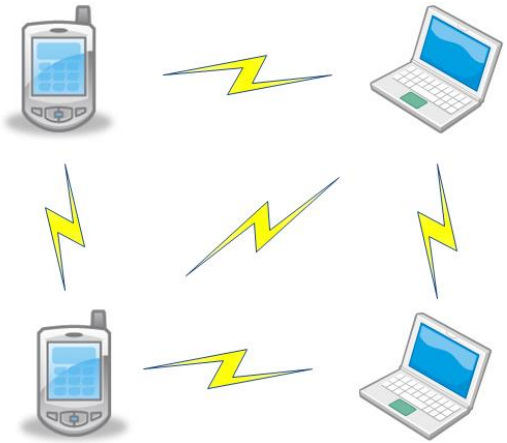
プロトコルの違いを考慮したアドホックルーティングプロトコルの検討

名城大学
理工学部　情報工学科
渡邊研究室
塩見　優，　旭　健作，　鈴木　秀和，　渡邊　晃

Watanabe Lab.

研究背景

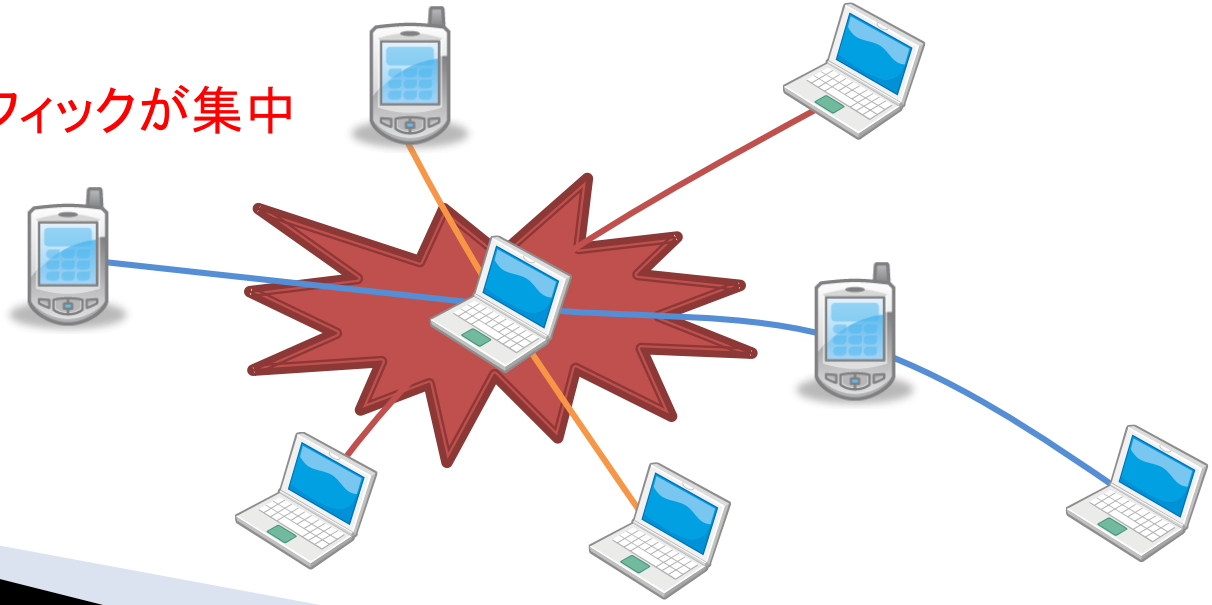
- 無線ネットワーク
  - 配線が不要で端末が自由に移動できるなどの利便性
    - インフラストラクチャモード
      - AP(Access Point)を介して通信
    - アドホックモード
      - 端末同士で直接通信
- アドホックネットワーク
  - 無線端末が直接通信・自律的に構成するネットワーク
    - インフラを利用できない環境　（例）災害時
    - イベント会場など一時的な通信需要



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未定義

複数の通信で経路として選択　：　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

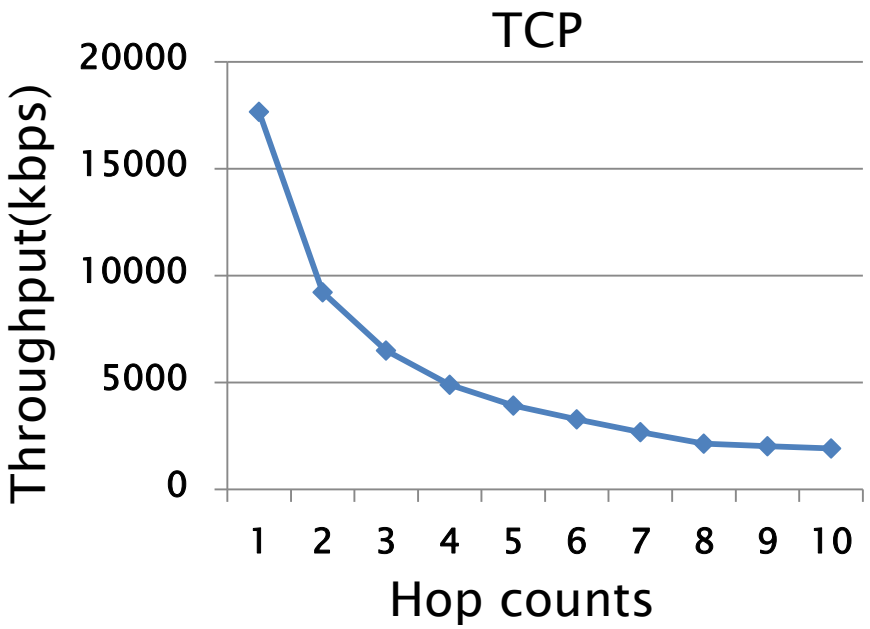


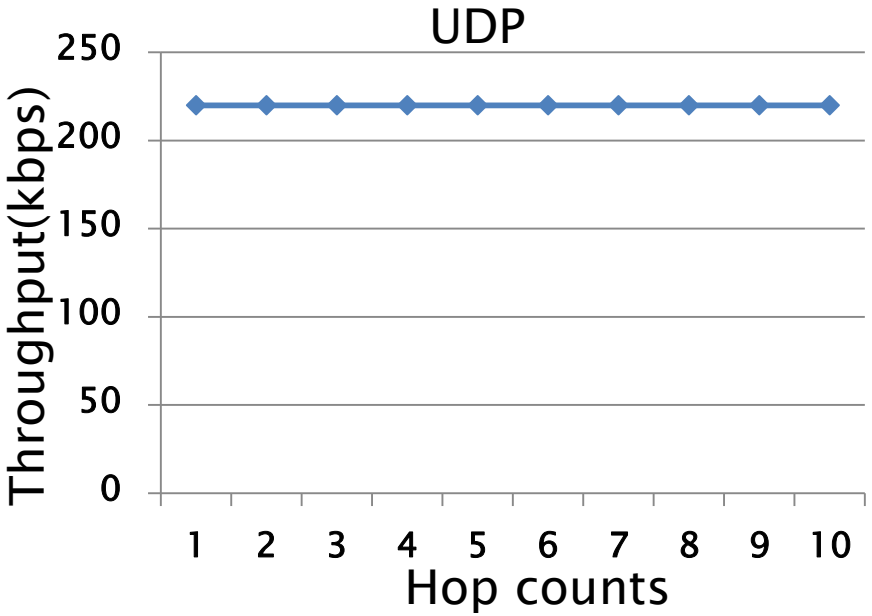
通信プロトコルの特徴

- 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．

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





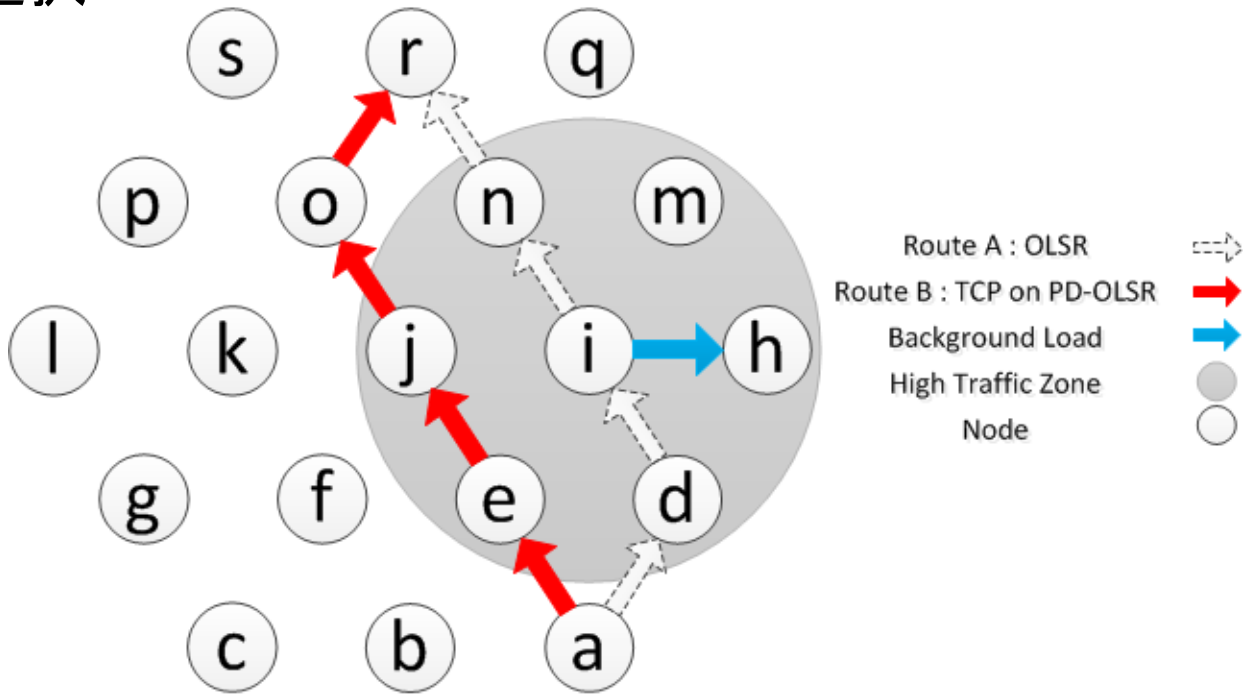
TCP：ホップ数に反比例して減少
UDP：変化なし

解決策：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
- 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

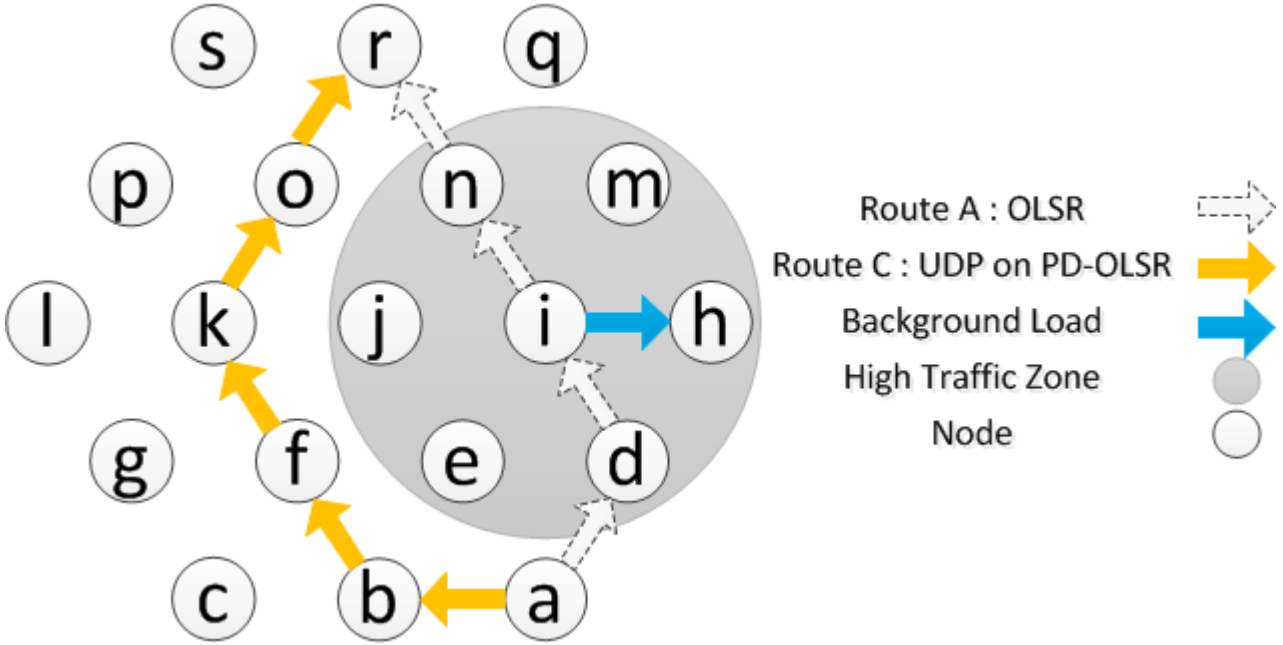
TCP用のRT生成

- 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.
  - 例:a→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.



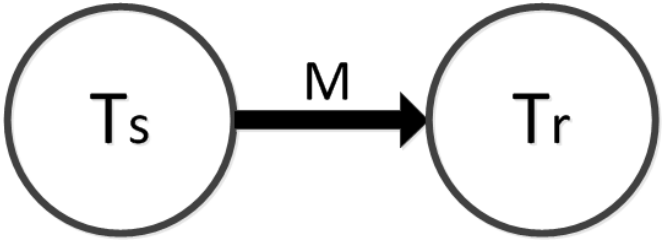
UDP用RT生成

- 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.
  - 例:a→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
  - 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

- 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

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

H ：ホップ数コスト

T_{max} ：ネットワーク全体の

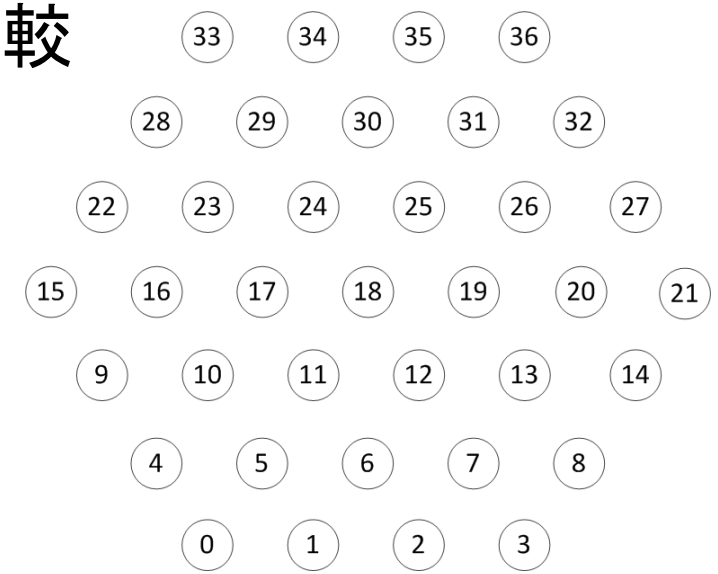
ネットワーク全体が空いていれば迂回しやすく,
ネットワーク全体が混雑していれば最短経路を選択しやすい

係数：小 → 迂回：大

Dijkstra, E.: A note on two problems in connexion with graphs, Numerische Mathematlk, Vol.1, pp. 269–271 (1959).

シミュレーション環境

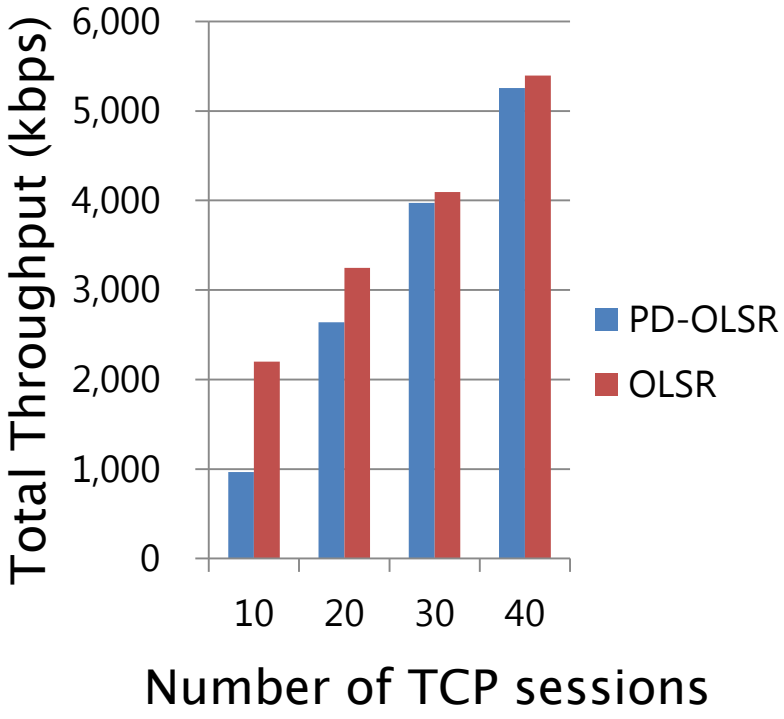
- ネットワークシミュレータ：ns-2に実装
- 負荷ごとのOLSRとPD-OLSR比較
  - TCPおよびUDP
  - 10,20,30,40セッション
- TCP
  - スループットとドロップパケット比較
- UDP
  - パケット到達率とホップ数比較
  - PD-OLSR迂回度係数α：0.5, 1~6,10,50,100

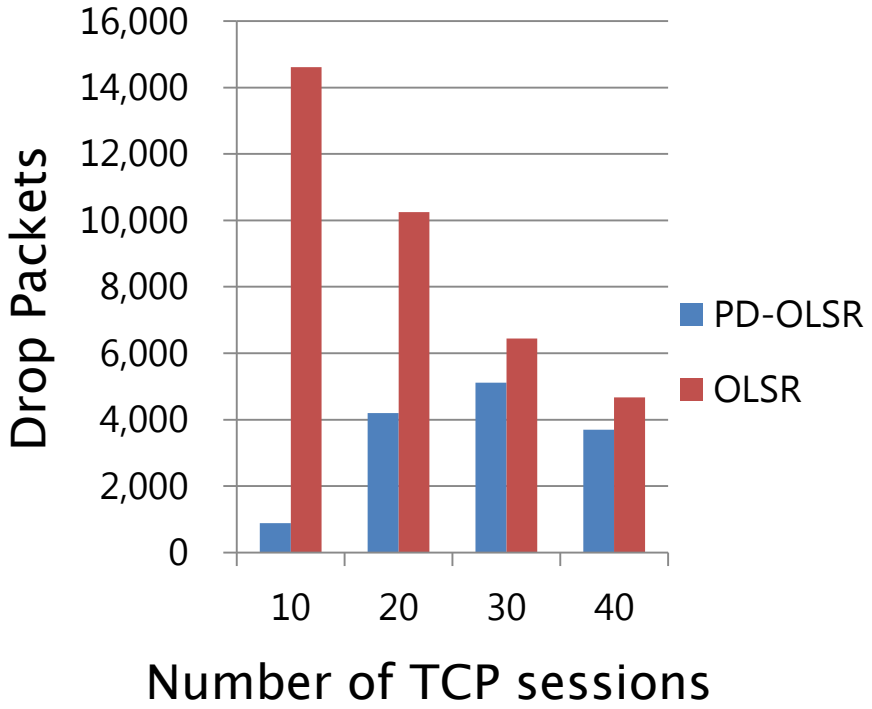


ネットワーク設定

無線規格	IEEE802.11g
ノード数	37台
通信組	2台1組(ランダム)
TCP	
通信タイプ	FTP
パケットサイズ	1000Byte
ウィンドウサイズ	15~1023
UDP	
通信タイプ	CBR
パケットサイズ	200Byte
レート	64kbps

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

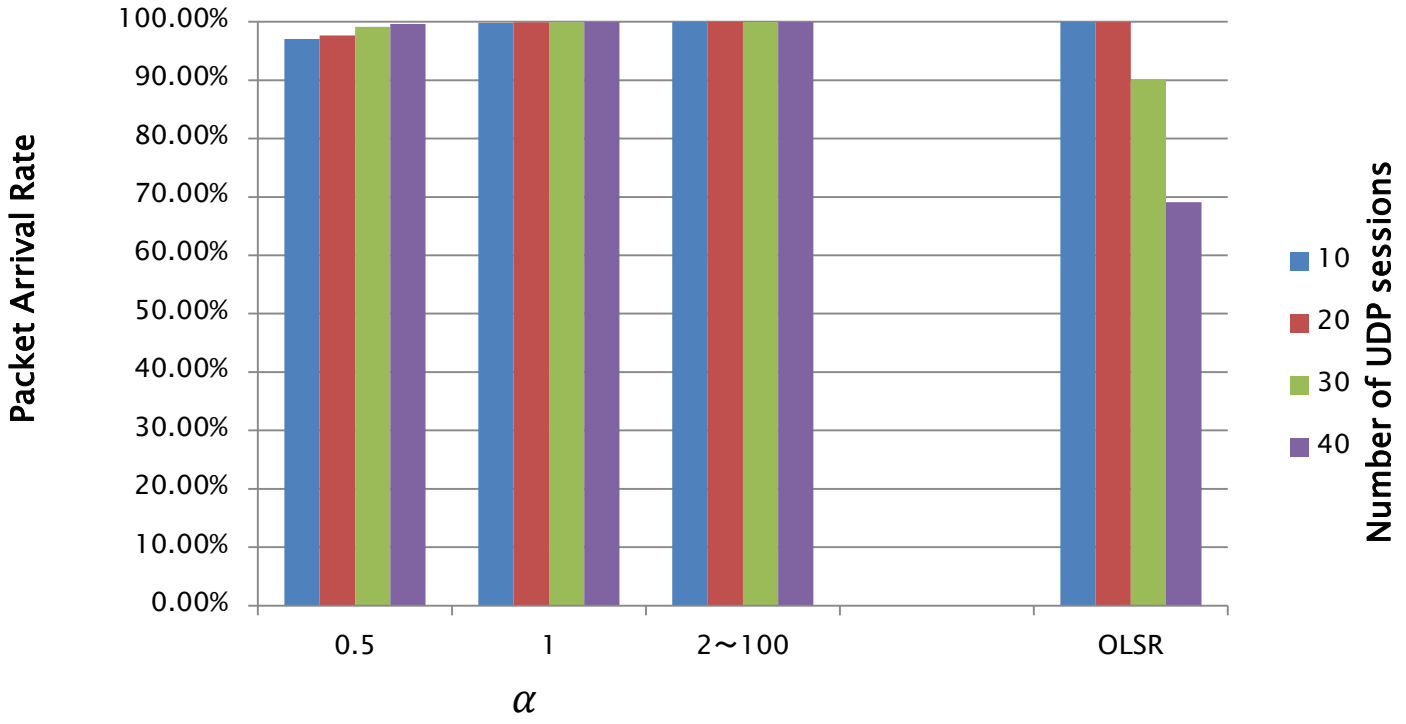
Yuta Mikamo. E:Proposal for an Ad-hoc Routing Protocol considering Traffic Conditions and Evaluation of UDP using a Redundant Route, The 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), No.2014, p.72-73

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
  - 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必要がある

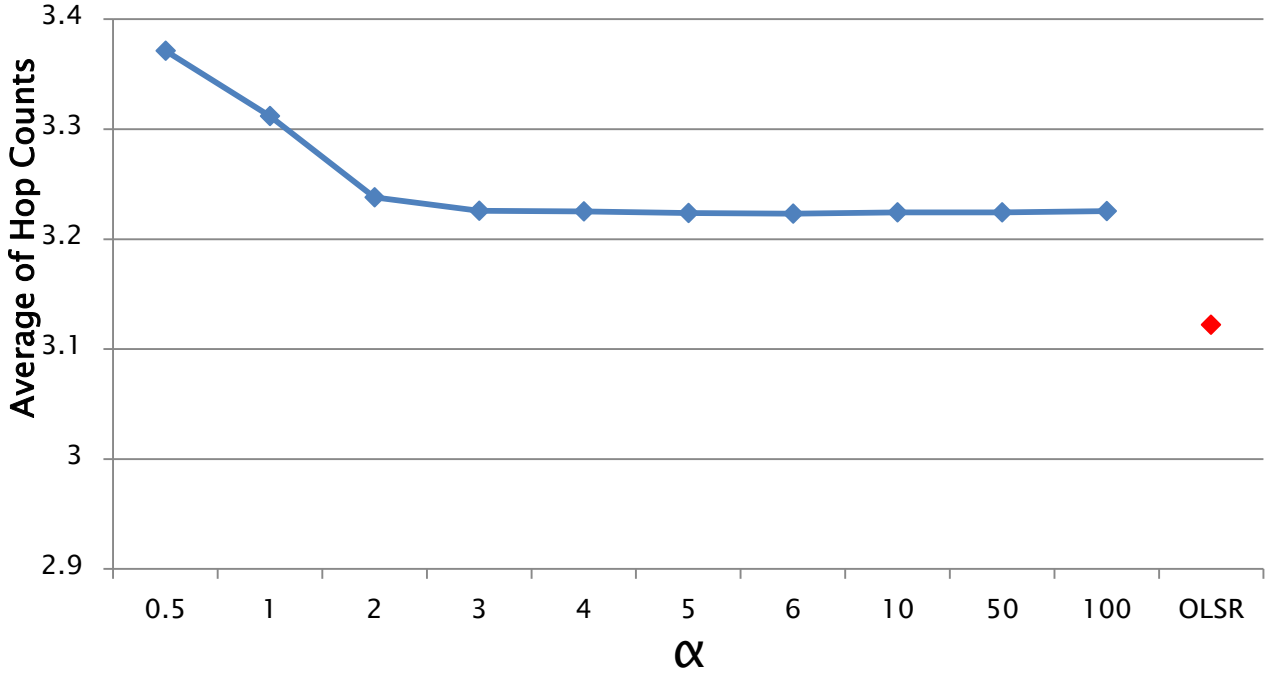
UDPシミュレーション結果(1/2)



・過剰に迂回すると低負荷での到達率低下
・UDP40本：OLSRと比較して約30%改善

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

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.

評価

- TCP,UDP単体はいずれもOLSRを上回る
  - TCP
    - ドロップパケットが少ない
    - 通信中は経路を固定することでスループット低下を改善できる
  - UDP
    - ダイクストラ法を用いた迂回経路選択により，パケット到達率向上
- TCP,UDP混在環境ではさらなる結果が期待される

まとめ

- 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 PD-OLSRについて検討
  - 通信プロトコルTCPとUDPの特性を活かした経路生成
  - UDP単体，TCP単体ではいずれもOLSRよりPD-OLSRの性能が高い

- 今後
  - 様々なメトリックの検討
  - TCPとUDP混在環境での評価

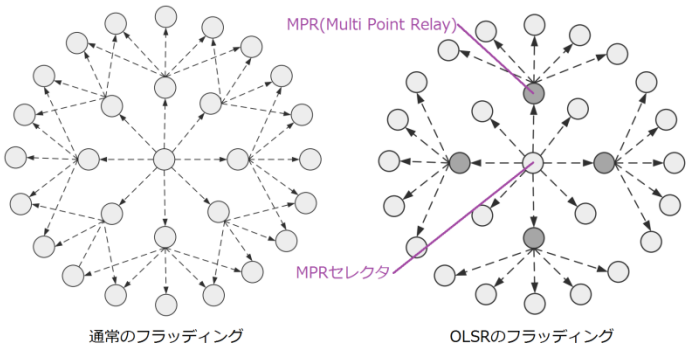
Watanabe Lab.

付録

OLSR

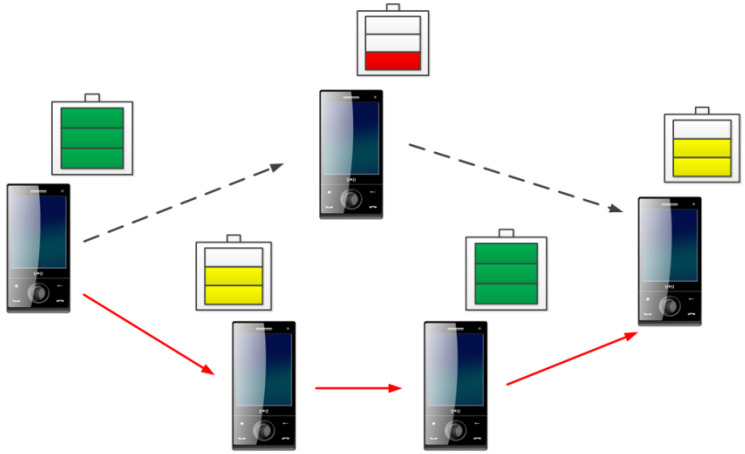
- あらかじめRTを生成し，各ノードが保持する
  - 通信時に通信遅延が起こらない
  - 消費電力が大きい

- 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



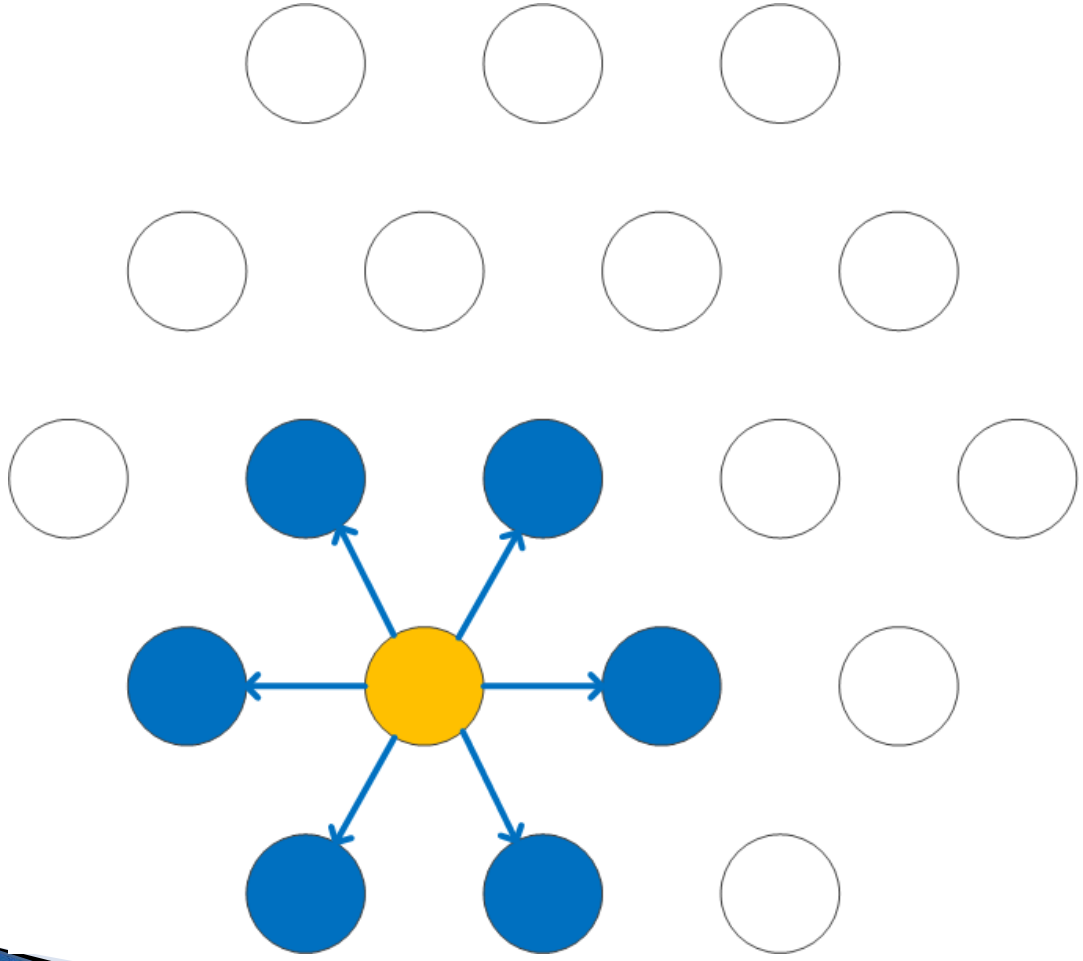
電池残量を考慮

- 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

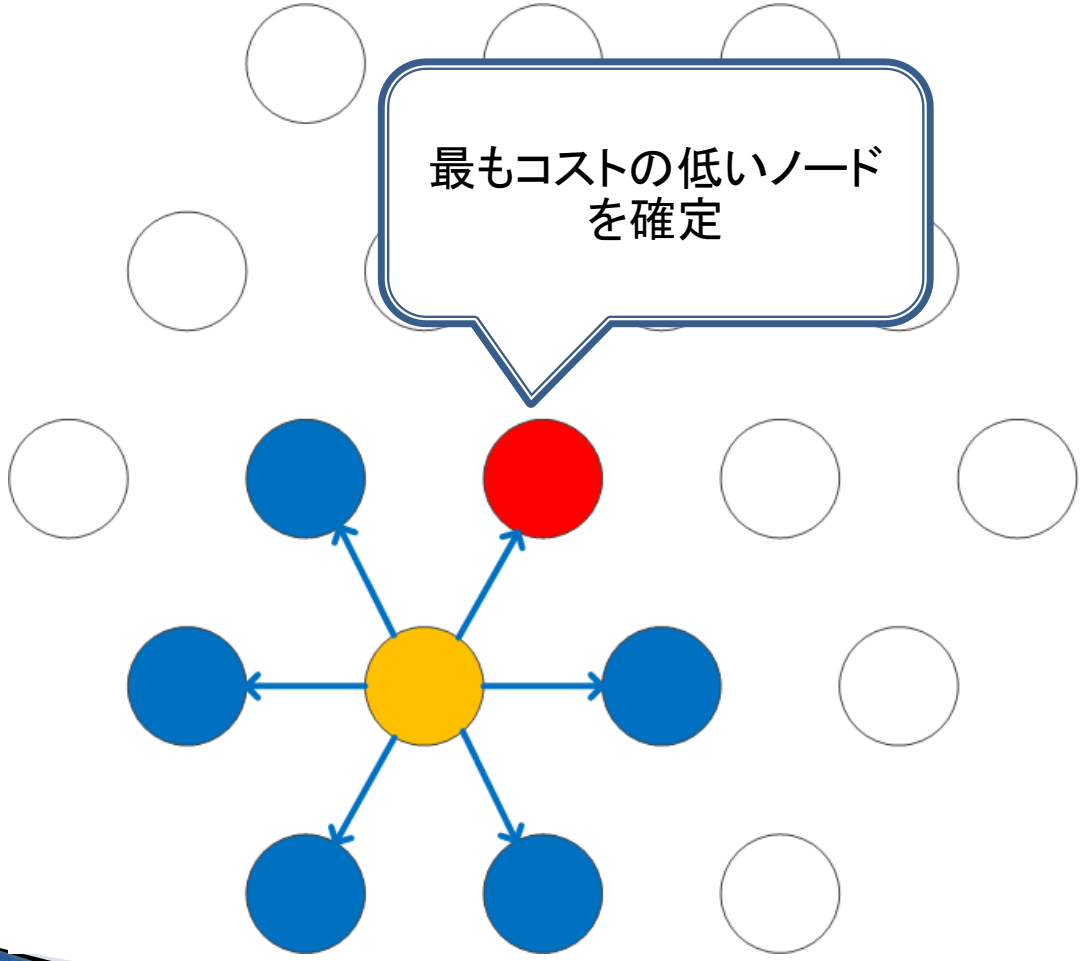


- メトリックの重み付けは検討中
- PD-OLSRは複数の要素をメトリックとして組み合わせる事ができる

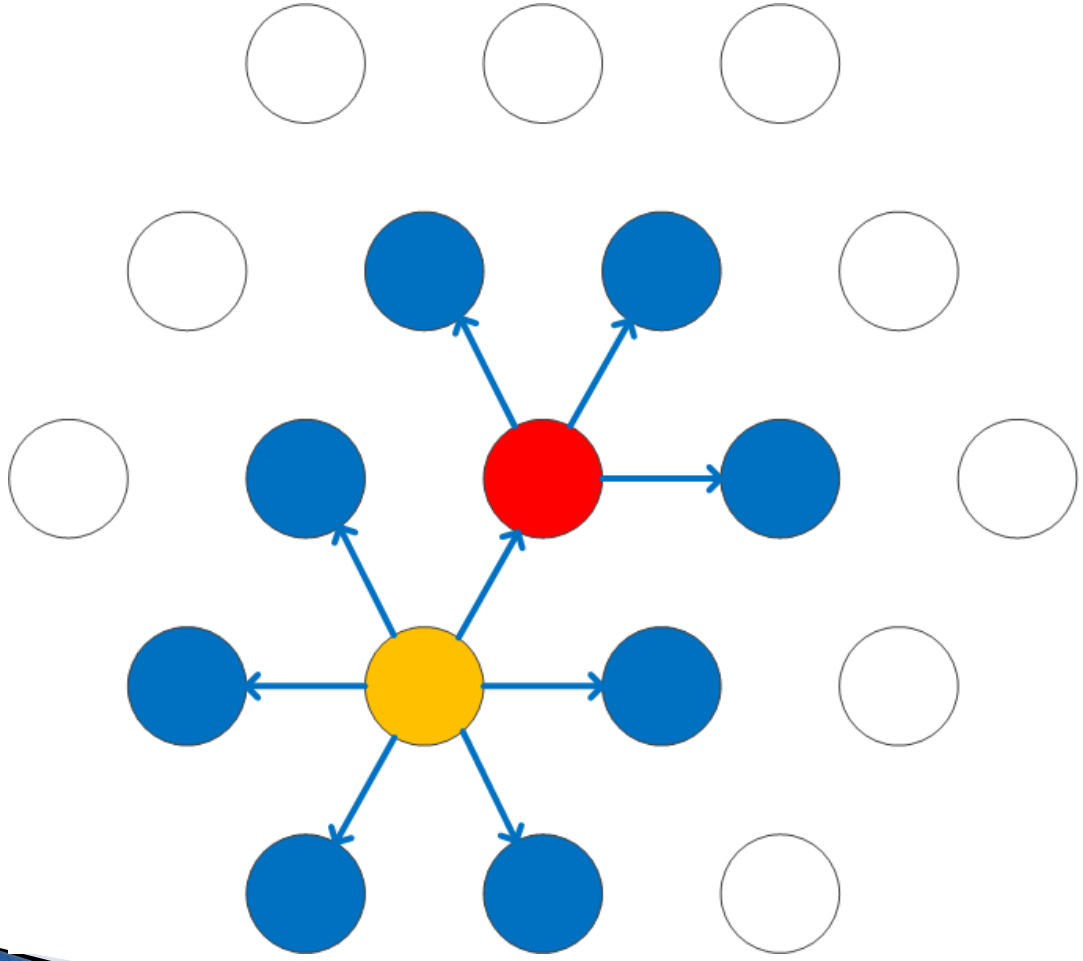
ダイクストラ法(1 / 5)



ダイクストラ法(2/5)



ダイクストラ法(3/5)



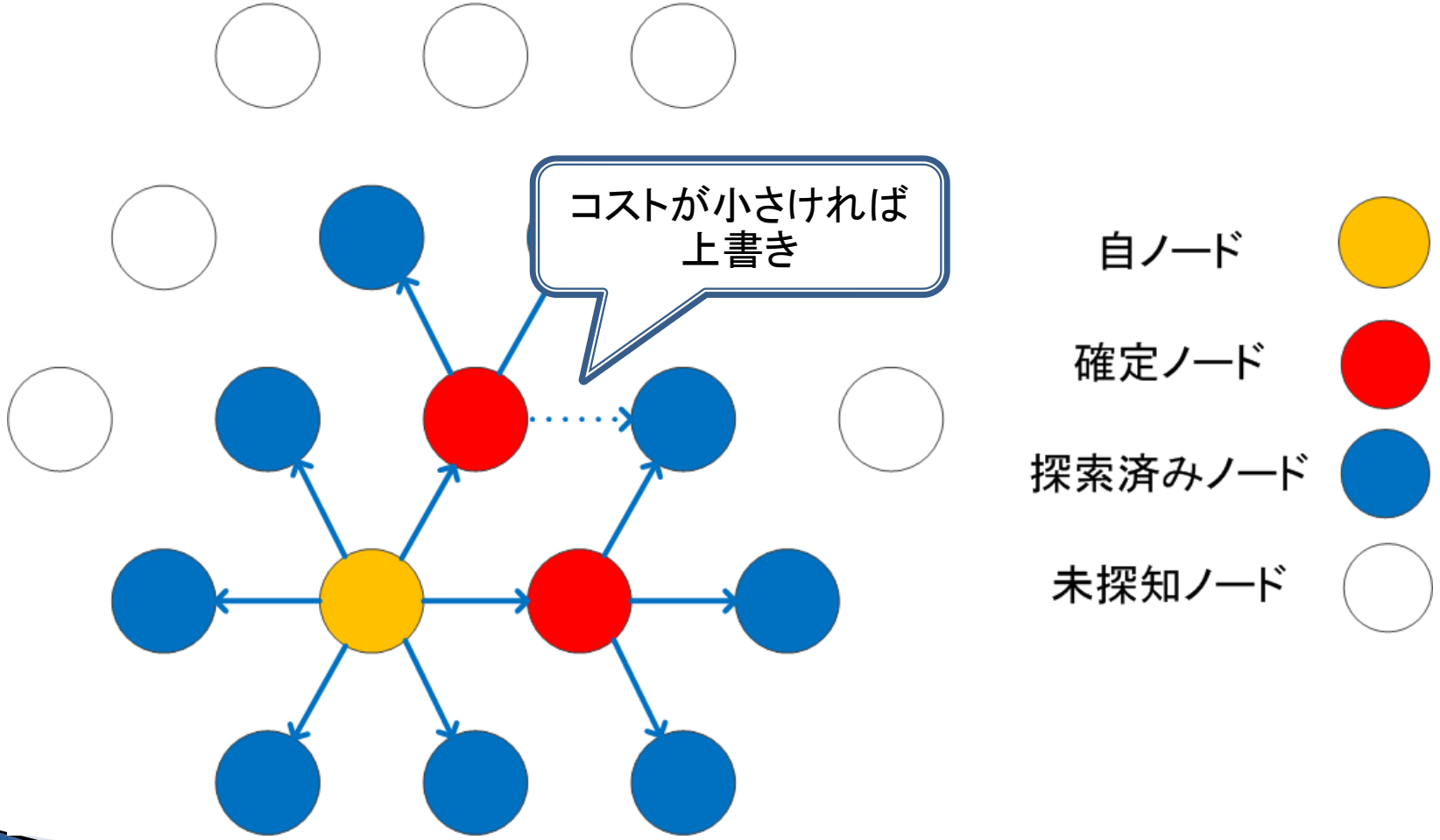
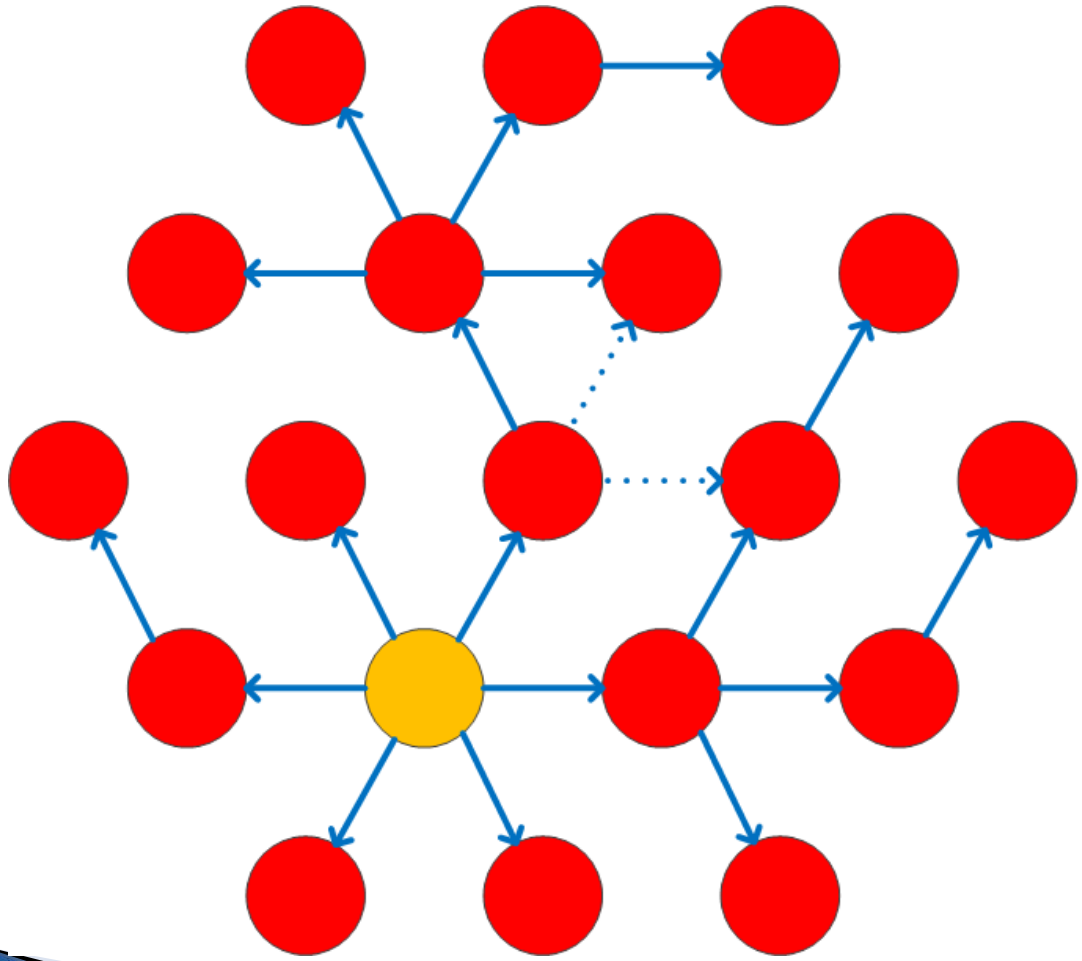
自ノード

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)



ダイクストラ法(5 / 5)