

アトラクタ選択モデルに基づく プロアクティブ型経路制御手法の 提案と評価

大阪大学基礎工学部情報科学科
村田研究室
隠塚 尚孝, 若宮 直紀, 村田 正幸

研究背景

- ネットワークの大規模化, 複雑化
 - スマートフォンや車載通信システムの登場
 - 従来型制御の限界
- 経路制御手法

OSPF
ノード間でネットワーク全体のトポロジ情報を共有し, 最適経路を算出

ノード数の増加に対して計算量が増大する ($N \log N \sim N^2$)
トラヒック変動などの動的な状態変化に追従できない

RIP
隣接ノード間の情報のやりとりで得られるメトリックに基づいて経路を算出

ネットワークが大規模になると経路の収束に時間がかかる
ループや振動が発生しやすい

完全自律分散型で拡張性, 適応性のある経路制御が必要

MARAS (Mobile ad hoc routing with attractor selection)

- 生物の環境適応メカニズムに着目したMANET向け経路制御

生物
自らがより成長できるように
周囲の栄養濃度の変化に応じて
生成する栄養を選択する

MARAS
通信品質がより高くなるように
通信状態の変化に応じて
次ホップノードを選択する

- リアクティブ型かつ自律分散型
- 隣接ノード数を M , ネットワーク内のノード数を N とすると, ノードあたりの全ノードを宛先とした経路計算量は $O(N)(M \ll N)$

[10] N. Asvarujanon, K. Leibnitz, N. Wakamiya, and M. Murata, "Robust and adaptive mobile ad hoc routing with attractor selection," in *Proceedings of Adaptive and Dependable Mobile Ubiquitous Systems*, July 2010.

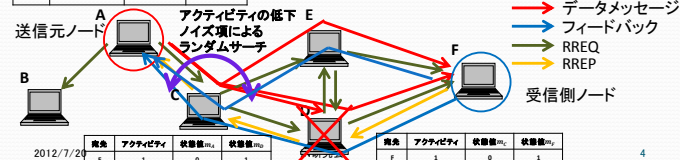
MARAS の動作概要

- 通信要求発生時にフラッディングで経路を探索
- 経路の良さに基づいて次ホップノードの選択を調整
 - 宛先ごとにアクティビティ α と隣接ノード i の状態値 m_i を管理
 - アクティビティ: 経路の品質 (ホップ数や遅延) から算出
 - 状態値を更新 ($f(\bar{m})$): 制御関数, η : ガウス雑音)

$$\frac{dm_i}{dt} = f(\bar{m}) \times \alpha + \eta$$

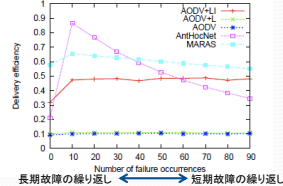
- 状態値が最も大きい隣接ノードを次ホップノードとする

宛先	アクティビティ	状態値 m_B	状態値 m_C
F	1	0	1

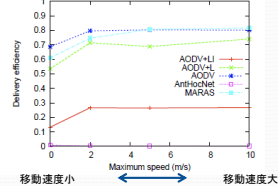


MARASの適応性, 耐故障性

ノード故障時の配送率



ノード移動時の配送率

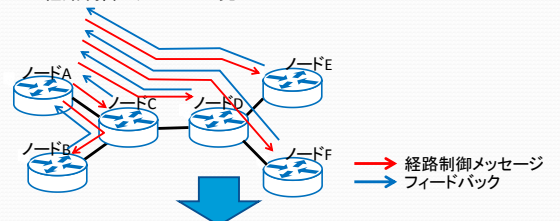


- 他の経路制御手法と比較して, ネットワークの変化に対して高い配送率を維持
→ 有線網にMARASを応用することで高い適応性, 耐故障性が期待できる

[10] N. Asvarujanon, K. Leibnitz, N. Wakamiya, and M. Murata, "Robust and adaptive mobile ad hoc routing with attractor selection," in *Proceedings of Adaptive and Dependable Mobile Ubiquitous Systems*, July 2010.

有線網に应用する際の問題点

- ネットワーク規模の拡大に従って経路制御メッセージ量が増加
 - 全ノードから全ノードに対して経路制御メッセージを送信し, フィードバックメッセージを受信する必要
- 経路制御メッセージ送信間隔を T , ノード数を N とすると単位時間当たり $\frac{N(N-1)}{T}$ の経路制御メッセージが発生



経路制御メッセージによるネットワーク負荷を軽減することが必要

研究の目的と基本アイデア

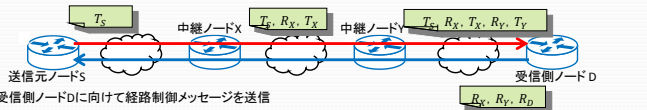
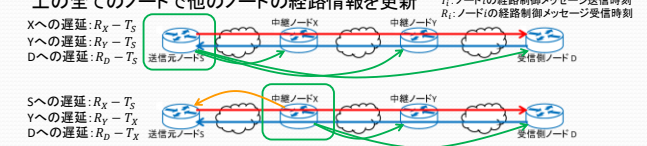
- 経路の品質を損なうことなく経路制御メッセージ量を削減
- アイデア
 - 各ノードは、他のそれぞれのノードに対する経路制御メッセージの送信タイミングを管理するタイマを設定
 - 経路制御メッセージを送信するとタイマを初期化
 - あるノード対で送受信される経路制御メッセージとフィードバックメッセージを活用することによって、同時に多数の経路情報を更新
 - 経路情報を更新すると、対応するタイマを初期化することにより、経路制御メッセージの送信を抑制

2012/7/20

IN研究会

7

経路制御メッセージ削減手法

- 経路制御メッセージ、フィードバックメッセージに送信・受信時刻を記録
 
- 双方向で遅延が等しいと仮定することにより一対のメッセージ交換で経路上の全てのノードで他のノードの経路情報を更新
 

T_i : ノードの経路制御メッセージ送信時刻
 R_i : ノードの経路制御メッセージ受信時刻
 X への遅延: $R_X - T_S$
 Y への遅延: $R_Y - T_S$
 D への遅延: $R_D - T_S$

S への遅延: $R_X - T_S$
 Y への遅延: $R_Y - T_X$
 D への遅延: $R_D - T_X$

S への遅延: $R_D - T_S$
 X への遅延: $R_D - T_X$
 Y への遅延: $R_D - T_Y$

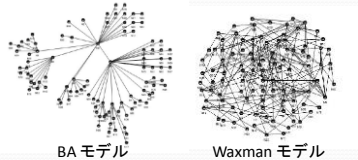
2012/7/20

IN研究会

8

シミュレーション評価

- 比較対象
 - OSPF
- ネットワークモデル
 - BA モデル
 - Waxman モデル
- 評価指標
 - 送信、転送を行った制御メッセージサイズの総和



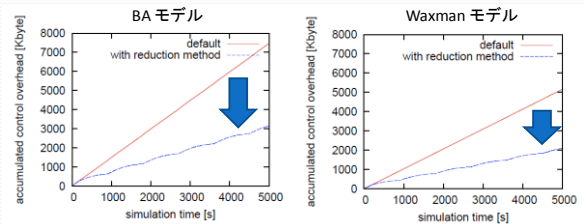
	ノード数	リンク数	トポロジ数	提案手法の制御メッセージ送信間隔	OSPFのLSA消去間隔
BAモデル	100	99	10種	15分	30分
Waxmanモデル	100	200前後	10種	15分	30分

2012/7/20

IN研究会

9

経路制御メッセージ削減効果の評価



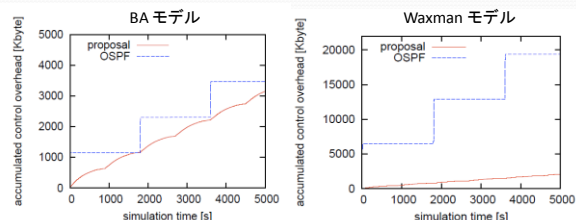
- 制御メッセージを削減しない場合とした場合のオーバーヘッドを比較評価
 - いずれのモデルにおいて約58%のオーバーヘッドを削減

2012/7/20

IN研究会

10

OSPFとの比較評価(制御オーバーヘッド)



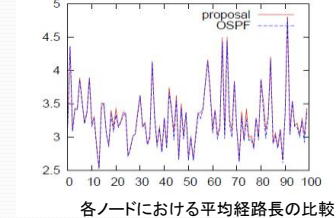
- BAモデルではほぼ同じ
- Waxmanモデルでは約1/8提案手法の方が小さい
 - OSPFではリンク数が多いほどメッセージあたりのサイズが増加

2012/7/20

IN研究会

11

OSPFとの比較評価(平均経路長)



- Waxmanモデルにおいて平均経路長を比較
 - 提案手法はフラッディングで初期経路を決定
- ほぼ同程度の平均経路長が得られている
 - OSPF: 3.22
 - 提案手法: 3.26

2012/7/20

IN研究会

12

まとめと今後の課題

- まとめ
 - MARASを有線網へ応用したプロアクティブ型経路制御手法を提案
 - オーバーヘッドの削減手法を提案
 - BAモデル, Waxmanモデルにおいて約58%のオーバーヘッドを削減
 - OSPFより小さいオーバーヘッドで経路制御可能
- 今後の課題
 - 大規模ネットワークにおける制御メッセージ削減効果の評価
 - 制御間隔と経路の良さ, 適応性のトレードオフの評価