

# 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のための 制御メッセージ削減手法の 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

2012/2/23 特別研究報告 1

## 研究背景

- 新世代ネットワーク[2]
  - 従来のインターネットに代わる新しい情報通信基盤
  - 多種多様な機器がネットワークに接続
  - 高い信頼性, 耐故障性, 拡張性を持つ新しいネットワークアーキテクチャが求められる
- インターネットの経路制御手法として広く用いられている OSPF (Open Shortest Path First) では不適當
- 計算量が膨大となるため機器の増大に対応できない

新世代ネットワークの要件を満たす  
経路制御手法が必要

[2] AKARIアーキテクチャ設計プロジェクト, “新世代ネットワークアーキテクチャAKARI概念設計書改訂版(ver.2.0),” Sept. 2009.  
2012/2/23 特別研究報告 2

## アトラクタ選択モデルに基づく自律分散型経路制御

- MARAS (Mobile ad hoc Routing with Attractor Selection)[5]
  - 無線アドホックネットワークにおける経路制御手法
  - 中継ノードにおける転送先の選択に応用
  - 優れた適応性, 耐故障性, 拡張性

アトラクタ選択モデル

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = f(\vec{x}) \cdot \alpha + \vec{\eta}$$

$\vec{x}$  : 状態  
 $\alpha$  : 状態の良さ(アクティビティ)  
 $f(\vec{x})$  : ポテンシャル関数  
 $\vec{\eta}$  : ノイズ

有線網に応用することにより  
新世代ネットワークの要件を満たす  
経路制御を実現

[5] 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.  
2012/2/23 特別研究報告 3

## MARAS の概要

- リアクティブ型の経路制御
  - 通信要求が発生するたびに経路を探索
  - データメッセージに対するフィードバック(遅延やホップ数など)を送信元ノードに向けて送付  
→中継ノードはフィードバックを利用することで経路を維持

2012/2/23 特別研究報告 4

## 有線網への MARAS の応用

- 有線網ではプロアクティブ型制御が適當
- MARAS をプロアクティブ型経路制御に応用
  - 定期的に全ノードに対して制御メッセージを送信し, フィードバックを行うことで経路を維持
  - 片道遅延で経路の良さを評価

2012/2/23 特別研究報告 5

## 有線網への応用における問題点

- ネットワークの規模の増大につれ, 制御メッセージ量が爆発的に増加
  - 全ノードから全ノードに対して制御メッセージを送信
  - 制御メッセージ送信間隔を  $T$ , ネットワーク内のノード数を  $N$  とすると単位時間当たり  $\frac{N(N-1)}{T}$  の制御メッセージが発生

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

2012/2/23 特別研究報告 6

## 研究目的

- MARASの有線網への応用により新世代ネットワークの要件を満たす経路制御を実現
  - 制御メッセージによりネットワーク負荷が増大



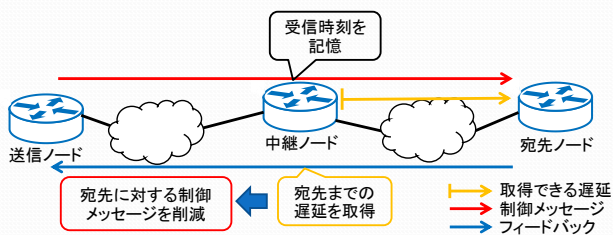
制御メッセージによるネットワーク負荷を軽減する手法を提案

## 提案手法

- 他の制御メッセージより情報を取得し、自身の制御メッセージ送信を取り止め
  - A) 中継ノードにおける制御メッセージ削減
  - B) 送信ノードにおける制御メッセージ削減
  - C) 宛先ノードにおける制御メッセージ削減
- 遅延情報をキャッシュし、制御メッセージの転送数を削減
  - D) キャッシュによる転送数削減

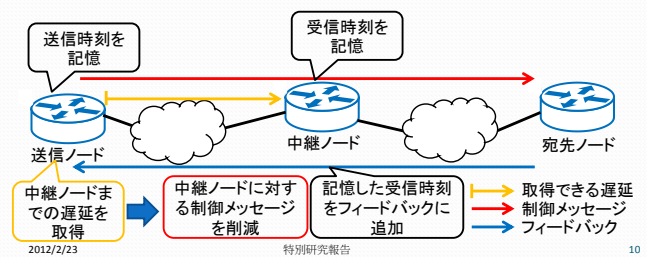
### A) 中継ノードにおける制御メッセージ削減

- 中継ノードが制御メッセージを受信する際に受信時刻を記憶
- フィードバックから宛先ノードの制御メッセージ受信時刻を取得し、中継ノードから宛先ノードまでの遅延を取得



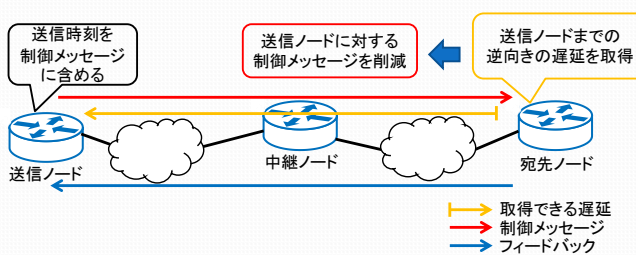
### B) 送信ノードにおける制御メッセージ削減

- 中継ノードが制御メッセージを受信した時刻をフィードバックに追加することで、送信ノードは中継ノードまでの遅延を取得



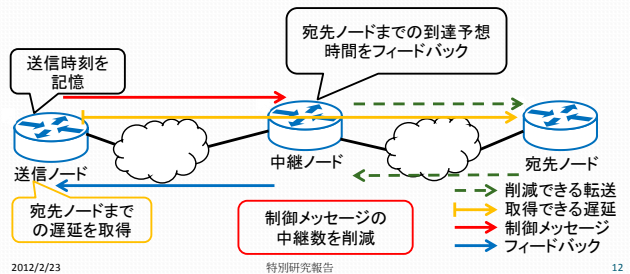
### C) 宛先ノードにおける制御メッセージ削減

- 片道遅延は双方向で等しいと仮定
- 制御メッセージ送信時に送信時刻を含めることで宛先ノードは送信ノードまでの遅延を取得



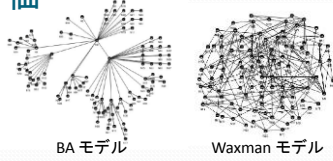
### D) キャッシュによる転送数削減

- 中継ノードで宛先ノードまでの遅延をキャッシュしている場合、中継ノードがフィードバック
  - キャッシュ時間を設定



## シミュレーション評価

- ネットワークモデル
  - BA モデル[8]
  - Waxman モデル[9]



- 評価指標
  - 制御メッセージの転送回数の総和の削減率

$$(\text{削減率}) = \frac{H_d - H_m}{H_d} \quad H_d: \text{手法を用いない場合の転送回数の総和}$$

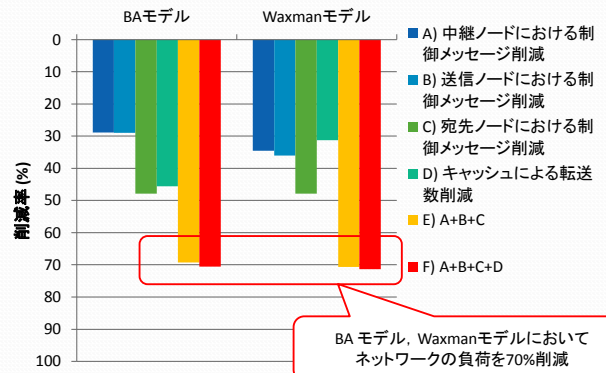
$$H_m: \text{手法を用いた場合の転送回数の総和}$$

- モデルごとに 100 回の試行の平均を評価

	ノード数	リンク数	トポロジ数	制御メッセージ送信間隔	キャッシュ時間
BA モデル	100	99	10種	30秒	10秒
Waxmanモデル	100	200前後	10種	30秒	10秒

[8] A.-L. Barabási and R. Albert, "Emergence of scaling in random networks" Science, vol. 286, pp. 509-512, Oct. 1999.  
 [9] B. M. Waxman, "Routing of multipoint connections" Selected Areas in Communications, vol. 6, pp. 1617-1622, Dec. 1988.

## 評価結果



BA モデル, Waxmanモデルにおいてネットワークの負荷を70%削減

## まとめと今後の課題

- まとめ
  - MARAS を有線網へ応用する際のネットワーク負荷を削減するための手法を提案
  - シミュレーションによる提案手法の削減効果を評価
    - BA モデルと Waxman モデルにおいて制御メッセージのオーバーヘッドを 70% 削減
- 今後の課題
  - 計測精度低下による経路への影響の評価
  - 大規模ネットワークに適用した際の制御メッセージ量と削減率の評価
  - 経路長やネットワーク環境の変動への適応性など OSPF と比較評価