

## アトラクタ選択を用いた仮想網制御手法の性能評価

大阪大学 情報科学研究科  
村田研究室  
南 勇貴

## IP-over-WDMネットワークと仮想網制御

### ● IP-over-WDMネットワーク

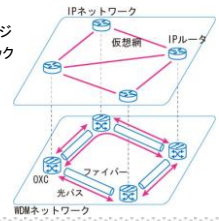
- WDM(波長分割多重)ネットワーク
  - 光波長による経路制御を行い光バスを設定

### ■ 仮想網

- 光バスにより構成される論理的なトポロジ
- IPネットワークは仮想網を用いIPトラヒックを転送

### ● 仮想網制御

- 目的に応じて適切に仮想網を構築
  - 効率的なIPトラヒックの収容
  - 効率的なネットワーク資源の利用



[1] Yuki Kobayashi, Takashi Miyamura, Shinichi Andou, Eiji Oki, Kishio Ohmoto, and Masayuki Murata, "Application of Attractor Selection to Adaptive Virtual Network Topology Control," in Proceedings of 3rd International Conference on Bio-Inspired Models of Network, Information, and Computing Systems (BIONETICS 2008), Nov. 2008.

[2] C. Furutani and K. Kabebo, "A generic mechanism for adaptive growth rate regulation," PLoS Computational Biology, vol. 4, p. e3, Jan. 2008.

## アトラクタ選択

### ネットワークの環境変動が増大

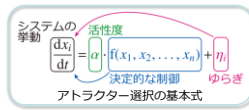
→アトラクタ選択に着目した仮想網制御の研究[1]

### ● アトラクタ選択の概要

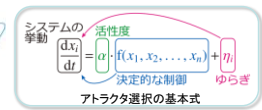
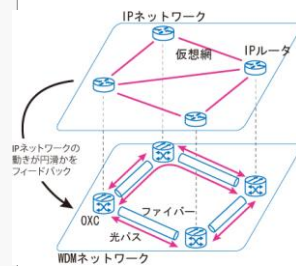
- 未知の環境変化に対する生物の適応性をモデル化[2]
- システムの動作を決定する3つの要素

- ゆらぎ
- 決定的な制御
- 活性度 (コンディション)

- ゆらぎと決定的な制御がシステムの挙動に与える影響を活性度に応じて制御  
⇒ 環境変化に対する適応性を実現



## アトラクタ選択を用いた仮想網制御



- x : 光バス数を決定する変数
- alpha : 最大リンク利用率により決まる活性度
- eta : ランダム要素 (ゆらぎ)

## アトラクタ選択の基本式

$$\frac{dx_{ij}}{dt} = \alpha \cdot \left( f \left( \sum_{p_{sd}} W(p_{ij}, p_{sd}) \cdot x_{p_{sd}} - \theta_{p_{ij}} \right) - x_{p_{ij}} \right) + \eta$$

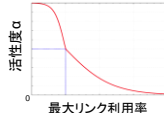
$x_{ij}$  : ノードペア  $p_{ij}$  間の光バス数を決定する変数

$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-\mu z}}$  : シグモイド関数

$W(p_{ij}, p_{sd})$  : 各ノードペア間の相互作用により決まる制御行列

$\alpha$  : 最大リンク利用率により決まる活性度

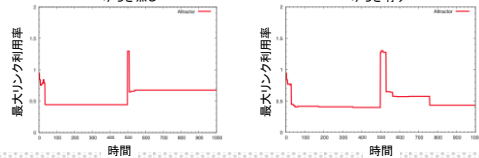
↓  
最大リンク利用率低 → 制御行列の影響が大きく  
最大リンク利用率高 → ゆらぎの影響が大きく



## ゆらぎの効果

- 制御項には最低限のルールしか含まない
  - 局所解に陥る場合がある
- ゆらぎにより局所解から抜け出す

アトラクタ制御を行った際の最大リンク利用率の時間変化



### 性能評価の方針

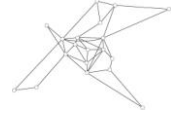
過去の性能評価ではシミュレーション条件が限定されておりどのような環境変動に適応出来るかが未評価

- **アトラクタ選択を用いた仮想網制御の適応性の評価**
- ・トラフィック変動の大きさや物理トポロジの規模を考慮して評価

### 評価モデル(1/2)

#### ◆ 計算機シミュレーションによる性能評価

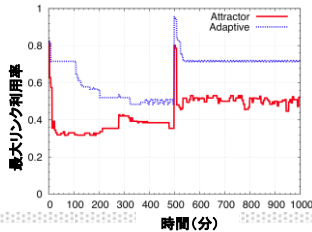
- 急激なトラフィック変動を、変動の大きさを変えて発生
- その際の仮想網の最大リンク利用率の変化を計測し性能を評価
- 物理トポロジ: 19ノード38リンクのEONTポロジ
- 適応性を目的とした既存の制御手法であるアダプティブ制御[3]を用いて比較
  - ◆ アダプティブ制御は最大リンク利用率が0.1以上0.5以下になるように光パスの削除と追加を行い仮想網を構築



EONTポロジ

### 評価モデル(2/2)

- ◆ 各ノードペアのトラフィックデマンドは平均1、分散 $\sigma^2$ の対数正規分布に従うように決定
  - ネットワーク変動の規模を分散 $\sigma^2$ の値により変化
  - 時刻500においてトラフィック変動
- ◆ 各変動の大きさに対し100回のシミュレーションを実行

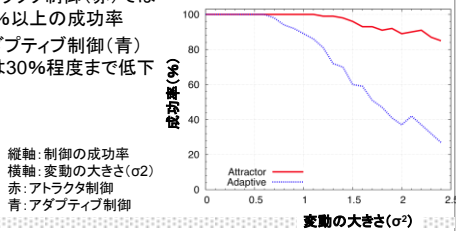


### 評価方法

- ◆ **トラフィック変動に対して仮想網の最大リンク利用率を0.5以下に低下させることができれば制御は成功**
- ◆ **制御の成功率の高さ、制御の成功までにかかる時間で適応性を評価**
  - 成功率が高く、制御にかかる時間が短い程性能が良い

### 評価結果 - EONTポロジにおける成功率

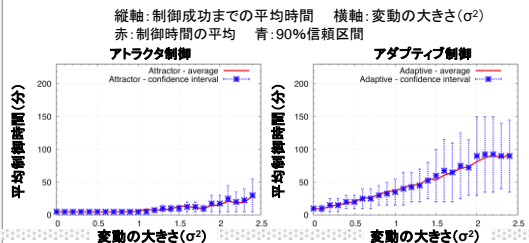
- ◆ **トラフィック変動の規模が大きくなった場合でもアトラクタ制御は既存の制御手法よりも高い成功率を示す**
  - アトラクタ制御(赤)では80%以上の成功率
  - アダプティブ制御(青)では30%程度まで低下



縦軸: 制御の成功率  
横軸: 変動の大きさ( $\sigma^2$ )  
赤: アトラクタ制御  
青: アダプティブ制御

### 評価結果 - EONTポロジにおける平均制御時間

- ◆ **制御成功までの平均時間は既存の手法に比べ大幅に短縮**



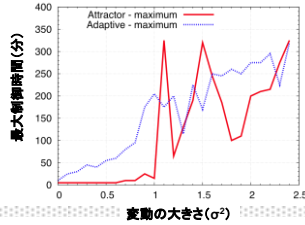
縦軸: 制御成功までの平均時間 横軸: 変動の大きさ( $\sigma^2$ )  
赤: 制御時間の平均 青: 90%信頼区間

## 評価結果 - EONTポロジにおける最大制御時間

- 変動の大きさが1.1、1.5のところではアトラクタ制御が大きな値を取っている

- ゆらぎに起因し、まれに制御回数が多くなることもある

縦軸: 制御成功までの最大時間  
横軸: 変動の大きさ( $\sigma^2$ )  
赤: アトラクタ制御  
青: アダプティブ制御



13

## まとめと今後の課題

- まとめ

- トラヒック変動の大きさを変えシミュレーションを行い性能を評価
- アトラクタ制御を用いた仮想網制御手法は、既存の仮想網制御手法と比べより大きなトラヒック変動に適応可能
- リンク利用率改善に必要な制御回数は、既存の仮想網制御手法の十分の一程度
- 規模の異なる物理トポロジでも同様の傾向を確認
- ゆらぎによる制御に起因して制御回数が多くなることもある

- 今後の課題

- 制御行列の見直しによるより早く収束可能なアトラクタ収束点の設定

14

## 変更点と気になるところ

- 1枚目所属の書き方
- 2枚目参考文献いるか
- 5枚目分かりにくい?
- 6枚目「最低限のルール」? 局所解?
- まとめと今後の課題

15