

Osaka University

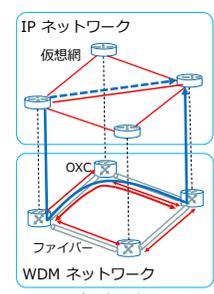
## Proposal, Evaluation and Experiment of Large-scaled Virtual Network Topology Control Method Based on Attractor Selection

### 大規模 WDM ネットワークのための自己組織型仮想網制御手法の提案と実装評価

水元 宏治  
情報ネットワーク学専攻  
村田研究室

Osaka University

## IP-over-WDM ネットワークと仮想網制御



- IP ネットワーク
  - ルーター間の通信需要を仮想網を用いて転送
  - 仮想網: 光バスにより構成される論理トポロジー
- WDM (波長分割多重) ネットワーク
  - 光バスを OXC (光スイッチ) 経由でルーター間に構築
- 仮想網制御
  - 通信需要の変動や通信機器の故障に適切に、仮想網を適切に再構築
  - アトラクター選択を用いた仮想網制御手法 [23]
  - 計算オーバーヘッドが大

[23] Y. Kaizumi, T. Miyamura, S. Arakawa, E. Oki, K. Shiimoto, and M. Murata, "Adaptive virtual network topology control based on attractor selection," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 28, pp. 1720-1731, June 2010.

Osaka University

## 研究の目的と手順

- 研究の目的
  - 従来のアトラクター選択を用いた仮想網制御手法の計算オーバーヘッド削減手法の提案と評価
    - 1000ノード規模の物理トポロジーを対象として、仮想網算出時間を数秒以下とすることを目標 (短い時間間隔で仮想網の再構築が可能)
    - 従来手法は、1000ノード規模の物理トポロジーを対象としたとき、約 15 分必要
- 研究の手順
  - 計算オーバーヘッド削減手法の提案
  - シミュレーション評価
    - 計算オーバーヘッドの評価
    - 環境変動に対する適応性の評価
  - 実機検証
    - 実機で構成されるネットワーク上で機能するか検証

Osaka University

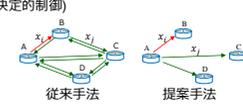
## 提案手法

- 従来のアトラクター選択を用いた仮想網制御手法の計算オーバーヘッドを削減
- アトラクター選択のシステムダイナミクス
 
$$\frac{dx_i}{dt} = \alpha \cdot \left( \zeta \left( \sum W_{ij} x_j \right) - x_i \right) + \dot{\eta}$$

活性化 (通信品質)      ゆらぎ (ノイズ)

$x_i$ : 光バス  $l_i$  の状態変数  
 $x_i$  の値により  $l_i$  を構築するか決定

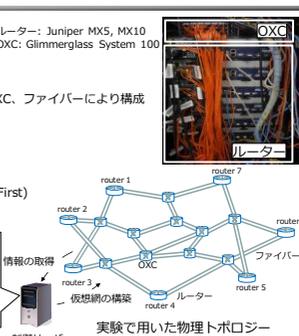
アトラクターを持つ制御構造 (決定的制御)
- 計算オーバーヘッドの削減方法
  - $x_i$  を計算する際に用いる  $x_j$  を削減
  - $x_i$  と同じノードを起点とし、ツリー構造をとる  $x_j$  のみ計算に利用
  - 従来はすべての  $x_j$  を利用



Osaka University

## 実装評価

- 提案手法を実機検証
  - ルーター: Juniper MX5, MX10
  - OXC: Glimmerglass System 100
- 環境設定
  - 物理トポロジー
    - 7 台のルーター、10 台の OXC、ファイバーにより構成
  - 光バス
    - 帯域: 1 Gbps
    - 経路を事前に静的割り当て
  - ルーティングプロトコル
    - OSPF (Open Shortest Path First)
- 仮想網制御サーバー
  - ネットワークの情報を 15 秒ごとに取得
  - 最大リンク利用率、パケット廃棄レートを活性化に変換し、仮想網を算出、再構築



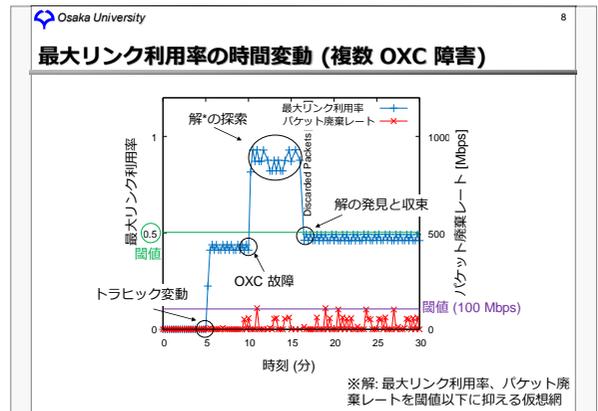
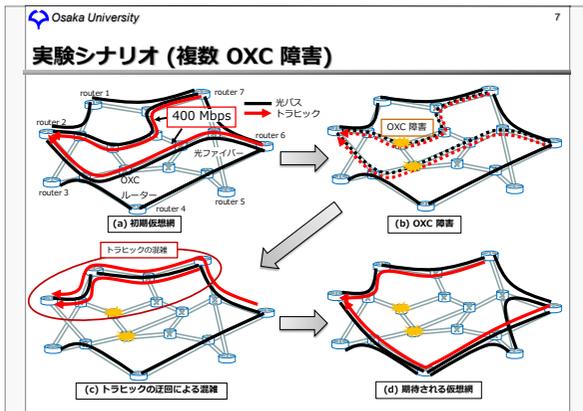
実験で用いた物理トポロジー

Osaka University

## 実験シナリオ

- 環境変動により最大リンク利用率が増加
- その後提案手法により仮想網を再構築
- 最大リンク利用率を 0.5 以下に抑制

- 対象とする 3 つの環境変動
  - トラヒック変動
  - 単一 OXC 障害
  - 複数 OXC 障害
- 様々な初期条件を与えた場合でもシナリオ通りになるかを評価するために、初期仮想網を 10 パターン変えて実験を実施



Osaka University 9

### まとめと今後の課題

- **まとめ**

計算オーバーヘッドを削減したアトラクター選択を用いた仮想網制御手法の提案と評価

  - シミュレーション評価
    - 1000ノード規模の物理トポロジーにおいて1秒以内に仮想網を算出
    - 計算量を削減しつつ、従来手法の持つ環境変動に対する適応性を維持
  - 7ルーター規模の実機検証
    - トラフィック変動、単一 OXC 障害、複数 OXC 障害に対して適応
- **今後の課題**
  - 提案手法の収束時間の改善
    - アトラクターを持つ制御構造の設計方法の検討
  - 上位層ルーティングプロトコルの振る舞いを考慮した実装