

Osaka University

Structural reduction method for obtaining effective attractors in noise-induced VNT control

アトラクター選択にもとづく仮想網制御における仮想網候補設計手法の提案と評価

情報ネットワーク学専攻 村田研究室
大場 斗士彦

2015/2/17

Osaka University

IP over WDM ネットワークと仮想網制御

- IP over WDM ネットワーク
 - 光バスをIPルーター間に OXC (光スイッチ) 経由で設定
 - 複数の光バスで仮想網を構築
 - 仮想網上にIPトラフィックを収容
- 仮想網制御
 - トラフィック需要の変動に応じて仮想網を再構築

ますます大きくなるトラフィック需要の変動に対し短時間で適応的に仮想網を再構築することが重要

Osaka University

アトラクター選択にもとづく仮想網制御[18]

- アトラクター選択モデルにもとづき各光バスの設定状況を制御
 - アトラクター (仮想網候補) をあらかじめ用意
 - トラフィック変動に応じて通信品質を改善する仮想網 (解) を再構築
 - 解をアトラクターに引き込まれるように探索

⇒ **アトラクターとなる仮想網候補をどのように設計するかが重要**

光バスの状態変化式

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

α: 活性化度 (IPネットワークの通信品質)
η: ゆらぎ (ノイズ)

例) 最大リンク利用率
f(x): アトラクターを持つ制御構造

アトラクター (仮想網候補)
ポテンシャル
現在の光バスの設定状況
解空間 (光バスの設定状況)

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

Osaka University

研究の目的とアプローチ

- アトラクター (仮想網候補) 設計手法の提案と評価
 - 多様な解が探索されるようにアトラクターには多様性が必要
 - 保持可能なアトラクター数には上限がある[20]
 - 従来は光バスをランダムに設定することで仮想網候補を構築
 - アトラクターの設計が不適切である場合、通信品質を改善する仮想網を構築 (解を発見) するまでの制御時間が増大する可能性
- アトラクターを適切に設計することで短時間で解を発見することが可能

アプローチ

- 仮想網候補をその特性をもとに分類し代表をアトラクターとする
 - ⇒ 仮想網候補設計手法
- 上記アプローチを大規模ネットワークに適用するためトポロジーを縮約
 - ⇒ トポロジーの縮約を用いた仮想網候補設計手法

[20] Y. Baram, "Orthogonal patterns in binary neural networks," *NASA Technical Memorandum No. 100060*, Mar. 1988.

Osaka University

仮想網候補設計手法

- 仮想網候補をその特性をもとに分類し代表をアトラクターにする
- 特性を表す指標としてEdge Betweenness Centralityを使用
 - ポトルネックとなる光バスを推定し、ポトルネックとなると予測される光バスが等しい仮想網候補を同一の仮想網候補群に分類

仮想網候補群
ポトルネックとなる光バスが異なる仮想網候補をアトラクターにする

多様なトラフィック変動に適応可能な一定数のアトラクターを設計可能

Osaka University

仮想網候補設計手法の大規模なネットワークへの適用

- 仮想網候補設計手法の課題
 - 大規模なネットワークを対象とした場合計算時間が爆発的に増加
 - ノード数の増加に伴い解空間が拡大するため
 - 10ノード程度の小規模なネットワークにのみ適用可能
- 課題解決のためのアプローチ
 - 対象とするネットワークを縮約した上で仮想網候補設計手法を適用

縮約後のトポロジー
クラスター
物理トポロジー

縮約後のトポロジーに対して、仮想網候補のポトルネックにもとづく分類を考える

Osaka University 7

トポロジーの縮約を用いた仮想網候補設計手法

- トポロジーのクラスター分割**
 - トポロジーをc個以下のクラスターに分割
 - クラスター内頂点数がc個より多い場合は再帰的にクラスター分割
- 最下位層クラスター内のトポロジー生成**
 - 最下位層のクラスター内はスター型を重畳 or フルメッシュ型のトポロジーを生成
- 上位層のトポロジー生成**
 - 前述の仮想網候補設計手法を用いてトポロジーを生成
- クラスター間光パスの設定**
 - クラスター間の光パスの端点とクラスター内ノードのマッピング
 - 次数が低いノード同士を接続

Osaka University 8

評価

- 仮想網候補設計手法・トポロジーの縮約を用いた仮想網候補設計手法の有効性の確認
 - 設計した仮想網候補のトラフィック収容効率の評価
- アトラクター選択にもとづく仮想網制御の性能評価**
 - 設計した仮想網候補をアトラクターとし解の発見に要する制御回数を評価
- 物理トポロジーを考慮した場合の仮想網制御の性能評価
 - 物理トポロジーを考慮してトポロジーを縮約し仮想網候補を設計
 - 設計した仮想網候補をアトラクターとし解の発見に要する制御時間を評価

Osaka University 9

評価環境

- ネットワーク**
 - ノード数: 100
 - 各ノードのポート数: 32
- トラフィック**
 - 対数正規分布に従う乱数1000パターン
- 評価指標**
 - 解の発見に要する仮想網制御回数
 - 解: 最大リンク利用率を0.5以下に抑えられる仮想網
- 比較手法**
 - 従来手法: 光パスをランダムに設定して仮想網候補を構築

Osaka University 10

アトラクター選択にもとづく仮想網制御の性能評価結果

- 最大リンク利用率の推移の例**
- 解の発見に要する制御回数の分布**

提案手法により設計した仮想網候補をアトラクターとすることでアトラクター選択にもとづく仮想網制御のトラフィック変動に対する適応性が向上

Osaka University 11

まとめと今後の課題

- まとめ**
 - アトラクター選択にもとづく仮想網制御における、アトラクター（仮想網候補）の設計手法を提案
 - 仮想網候補をその特性をもとに分類し、各仮想網候補群から代表を選択
 - 上記アプローチを大規模ネットワークに適用するためにトポロジーを縮約
 - 設計した仮想網候補をアトラクターとすることで、アトラクター選択にもとづく仮想網制御の解の発見に要する制御回数が減少
 - アトラクター選択にもとづく仮想網制御のトラフィック変動に対する適応性を向上
- 今後の課題**
 - アトラクター（仮想網候補）の更新手法の検討
 - トラフィック環境によってはアトラクターを更新することが必要