

アトラクター構造の動的再構成による自己組織化制御の収束時間の改善

On the Fast Convergence of Self-organized Virtual Network Topology Control with Reconfiguration of Attractors

小泉 佑揮¹ 宮村 崇² 荒川 伸一¹ 鎌村 星平² 島崎 大作²
Yuki Koizumi Takashi Miyamura Shin'ichi Arakawa Shohei Kamamura Daisaku Shimazaki
塩本 公平² 村田 正幸¹
Kohei Shiomoto Masayuki Murata

大阪大学 大学院情報科学研究科¹
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University
日本電信電話株式会社ネットワークサービスシステム研究所²
NTT Network Service Systems Laboratories

1 はじめに

WDM ネットワークは、波長ルーティングにより、光パスと OXC から構成される仮想網を構築し、柔軟な通信インフラストラクチャーを提供することができる。

アトラクター選択を用いた仮想網制御方式は、ゆらぎを用いることで環境変動への高い適応性を実現する [1]。その一方で、ゆらぎによる制御に起因して、収束時間が増大する可能性がある。本稿では、ネットワークの環境変動に応じて制御方式で用いるアトラクター構造を再構成することで、収束時間を改善する手法を報告する。

2 アトラクター構造の動的再構成

提案手法は、文献 [1] の方式を拡張する。提案手法のダイナミクスは以下の時間発展方程式で表す。

$$\frac{dx_i}{dt} = \alpha \cdot \left(\zeta \left(\sum_j W_{ij} \cdot x_j - \theta \right) - x_i \right) + \eta \quad (1)$$

x_i は [0,1] の値を取る変数であり、 $x_i > 1/2$ の場合に光パス i を設定する。 η はゆらぎである。仮想網の性能を α に変換し、式 (1) にフィードバックすることで、環境変化によって低下した仮想網の性能を回復する。 x_i は式 (1) の均衡点であるアトラクターに収束する。提案手法は、 x_i を仮想網に変換する。すなわち、アトラクターに対応する仮想網を構築する。環境変化に適応するためには、式 (1) が適切なアトラクターを持つ必要がある。

式 (1) のアトラクター構造は、右辺第二項の W_{ij} で定義される。式 (1) と構造が同一であるホップフィールドネットワークの知見を応用して W_{ij} を決定する。仮想網を $g_k \in G$ とし、仮想網 g_k に対応する x_i の組を $(x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_i^{(k)})$ とすると、ヘブ則を用いることで W_{ij} を以下の通りに定義することができる。

$$W_{ij} = \begin{cases} \sum_{g_k \in G} (2x_i^{(k)} - 1) \cdot (2x_j^{(k)} - 1) & \text{if } i \neq j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

これにより、 $g_k \in G$ が式 (1) のアトラクターとなる。ゆらぎで仮想網を構築しているときに、性能の良い仮想網が構築できた場合は、その仮想網を G に追加し、式 (2) により W_{ij} を再計算する。このように、動的にアトラクター構造を再構成することで、環境変化に対する適応性と高速なアトラクターへの収束を実現する。

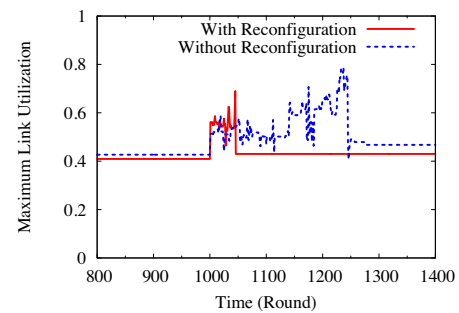


図1 最大リンク利用率の時間変化

3 性能評価

19 ノード 39 リンクの European Optical Network (EON) トポロジ上でトラヒック変動に対する制御の収束時間をシミュレーションにより評価した。評価結果を図 1 に示す。図は、仮想網の性能を表す最大リンク利用率の時間変化を表している。時刻 1000 の仮想網上のトラヒック変動により最大リンク利用率が悪化し、その後ゆらぎにより仮想網が再構築されている。アトラクター構造を動的に再構成しない場合は、その間に最大リンク利用率が低い仮想網が構築できたとしても、その仮想網に対応する x_i がアトラクターではないため、制御が収束せずに、ゆらぎによる仮想網再構築が継続している。一方、アトラクター構造を再構成する場合は、最大リンク利用率が低い仮想網が構築できたときにその仮想網をアトラクター構造に取り込むため、高速に収束できている。また、100 回の試行の平均の制御収束時間を計測した結果、アトラクター構造を再構成することで動的再構成を実施しない場合と比べて制御収束時間を約 22% 削減できることがわかった。

式 (1) のゆらぎを適切に制御することで、環境変動に適応できる仮想網を高速に発見することは、今後の研究方針の一つである。

謝辞

本研究は、総務省 SCOPE の補助によるものである。

参考文献

[1] Y. Koizumi *et al.*, "Adaptive virtual network topology control based on attractor selection," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 28, pp. 1720–1731, June 2010.