

Osaka University

生物の環境変動に対する進化適応性を備えた WDM ネットワーク設備増強手法の提案と評価

大阪大学基礎工学部情報科学科
村田研究室

井上昂輝

2014/2/21

Osaka University

IP over WDM ネットワーク

- WDM (波長分割多重) ネットワーク**
 - 光信号レベルの交換
 - OXC (光スイッチ) を経由した光バスを提供
- IP ネットワーク**
 - 複数の光バスが仮想網を構成
 - 仮想網を用いて通信需要を收容
 - 仮想網制御
 - 通信需要に応じて仮想網を再構築

IP ネットワーク (仮想網)
IP ルータ

WDM ネットワーク (物理網)
OXC

光バス (赤線)
光ファイバ (黒線)

Osaka University

WDM ネットワークの設備増強

- 通信需要の増大に備えて設備増強が必要**
 - 従来手法は、予測通信需要に特化した仮想網と物理設備を設計
- インターネットをとりまく環境が変動**
 - 新たなサービスの登場による通信需要変動および増大
 - 将来の通信需要を正確に予測することは困難
 - 通信需要変動に短期間しか対応できず、短周期の設備増強が必要

ネットワーク負荷 vs 時間

設備増強 (赤線)
負荷減少 (青線)
仮想網制御 (緑線)
通信需要変動+増大 (黒線)

有効期間 (赤矢印)

Osaka University

研究目的とアプローチ

[27] K. Kaneko, "Evolution of robustness and plasticity under environmental fluctuation: Formulation in terms of phenotypic variances," *Journal of Statistical Physics*, vol. 148, pp. 687-705, Sept. 2012.

- 様々な通信需要変動に適応可能な WDM ネットワーク設備増強**
- 生物の進化に着目したポート数増強手法を提案
- 生物の進化モデル** [27]
 - 遺伝子制御ネットワークの変異+選択淘汰
 - 環境適応度の高い個体を後世へ引継
 - システム状態の良さ
 - 遺伝子の発現状態により算出
 - 入力遺伝子を導入
 - 発現ダイナミクスによらず発現量を直接設定
 - 入力遺伝子の変更により環境変動を表現可能
 - 頑強性と可塑性を両立
 - 頑強性: 環境変動の影響で変化した状態を元に戻すことで機能を維持する性質
 - 可塑性: 環境変動に応じて自身の状態を変化させることで新たな環境に適応する性質

変異 (赤矢印)
活性化 (赤丸)
抑制化 (青丸)
淘汰 (赤X)
選択 (青矢印)
環境適応度: 高 (緑)

Osaka University

提案手法

- 進化モデルをポート数増強手法に応用**

生物の進化	表現型	遺伝子発現ダイナミクス	システムコンディション	環境からの外力	環境変動
進化モデル	遺伝子発現状態	遺伝子制御ネットワーク	環境適応度	入力遺伝子	入力遺伝子変更
ポート数増強手法	光バス設定状況	制御行列	最大ルータ利用率	ポート追加状況	通信需要変動

- 提案手法**
 - どのノードにポートを追加すれば高い可塑性を得るかをシミュレート
 - 複数の想定通信需要変動に対して可塑性を評価
 - 可塑性の評価に従ってポート追加を行なノードを確定
 - 既定の追加数に達するまで繰返し

最大ルータ利用率 vs 時間

暫定的にポート追加 (赤矢印)
通信需要を想的に変動 (青矢印)
可塑性を評価 (緑矢印)
制御行列の変異+選択淘汰 (黒矢印)

Osaka University

評価環境

[20] Y. Koizumi, T. Miyamura, S. Arakawa, E. Oku, K. Shimoto, 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.

- 通信需要**
 - Δ_t^i : ノード $i \rightarrow j$ の時刻 t における通信需要
 - 初期値: 重力モデル
 - $\Delta_0^i = G \cdot P_i \cdot P_j$
 - G : 定数
 - P_i : ノード i に対応する都市人口
 - 変動: 幾何ブラウン運動モデル
 - $\Delta_t = \Delta_0 \cdot \exp\{(g - v^2/2)t + v \cdot W_t\}$
 - g : 平均的な増加度合い
 - v : ランダム変動の大きさ
 - W_t : ホワイトガウスノイズ
- 仮想網制御手法**
 - アトラクター選択にもとづく仮想網制御手法 [20]
 - 高い適応性を有する仮想網制御手法
 - 通信品質として最大ルータ利用率を使用

ノード数: 12
初期ポート数: 次数 + 2

ノード構成: IP ルータ + OXC

評価対象: ポートジョー

幾何ブラウン運動

ネットワーク負荷 vs 時間

