

1

Proposal and evaluation of a predictive mechanism for controlled self-organization based routing

管理型自己組織化経路制御に向けた予測機構の提案と評価

村田研究室 久世尚美

2

研究背景, 目的

- ネットワークの大規模化, 複雑化
 - 従来の集中管理制御, あるいは大域情報に依存した分散制御の限界
 - 常に変化していくネットワークへの適応性が問題

↓

- 管理型自己組織化制御**
 - 完全自律分散型の自己組織型システムにゆるやかな制御を加える
- 予測機構の導入**
 - 個々の構成要素がシステムの状態を観測し, 未来の状態を予測
 - 予測結果に基づいて自己組織型システムを制御
 - システムをより早く望ましい状態へ収束

3

AntNet [1]

- アリの採餌行動に着想を得た自己組織型経路制御手法
 - antと呼ばれる制御メッセージを定期的を送信し, 経路上にフェロモン(経路情報)を設定することにより経路を構築

forward ant がフェロモンに基づいて確率的に経路を探索, 遅延情報の収集

backward ant が収集した遅延情報を元にフェロモンを残しながら送信元ノードへと戻る

送信元ノード

目的ノード

forward ant

backward ant

[1] G. Di Caro and M. Dorigo, "AntNet: Distributed stigmergetic control for communications networks," Arxiv preprint arXiv:1105.5449, vol.9, pp.317-365, Dec. 1998.

4

管理型自己組織化

- 生物の仕組みに着想を得た自己組織型システム
 - 従来の制御方式と比較して拡張性, 頑健性, 適応性に優れる
 - 機能の創発に時間を要する, 局所解に陥る

↓

- 管理型自己組織化制御**
 - 自己組織型システムにゆるやかな制御を加えることによって機能の創発を促進, あるいは望ましい機能が創発されるように誘導

分割

average convergence time [sec]

proposal (p=3)

AntNet

area [10,000m²]

5

予測手法の概要

- フェロモンの増加傾向に基づいた予測と制御
 - フェロモンの増加傾向が経路の良さを示す
 - 遅延の小さい経路により多くのフェロモンが残される
 - 多くのフェロモンが残された経路はより多くのアントによって選択され, さらに多くのフェロモンが残される

フェロモン量

時間

隣接ノード 1

隣接ノード 2

一時的に減少しているものの, 全体的には増加

さらなる多くのフェロモンが蓄積されると予測

増加傾向にある経路に対してフェロモンを増加させる

6

フェロモンの増加傾向に基づく予測と制御

- フェロモンの増加傾向指標
 - フェロモンの変化から増加傾向指標 e_{nd}^k を求める

$$e_{nd}^k \leftarrow \begin{cases} (1 - \beta)e_{nd}^k + \beta, & \text{if } \Delta\tau_{nd}^k(t) > 0 \\ (1 - \beta)e_{nd}^k, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\tau_{nd}^k(t)$: 時刻 t でのノード k における目的ノード a としたときの隣接ノード n に対するフェロモン値
 $\Delta\tau_{nd}^k(t)$: backward ant によって更新されたフェロモンの量 ($\tau_{nd}^k(t) - \tau_{nd}^k(t-1)$)
 β : 一回のフェロモンの増加の重み

- 予測に基づくフェロモンの更新
 - フェロモンが増加傾向にある ($e_{nd}^k > 0.5$) 経路に対してフェロモンを増加させる

$$\tau_{nd}^k(t + \Delta t_p) \leftarrow \begin{cases} \tau_{nd}^k(t) + \frac{\Delta\tau_{nd}^k(t)}{1 - \tau_{nd}^k(t - \Delta t_p)} (1 - \tau_{nd}^k(t)), & \text{if } n = n_p \\ \tau_{nd}^k(t) - \frac{\Delta\tau_{nd}^k(t)}{1 - \tau_{nd}^k(t - \Delta t_p)} \tau_{nd}^k(t), & \text{otherwise} \end{cases}$$

n_p : ノード k の隣接ノード N_k の内, 増加傾向 e_{nd}^k が最大の隣接ノード
 Δt_p : 予測に基づくフェロモンの更新間隔

フェロモンが増加傾向にある経路に対してフェロモンを増加させる

