

## 大規模ネットワークにおけるコントローラ最適配置問題へのメタヒューリスティクスの適用

岩崎 拓海・河野 隆太・井口 寧 (北陸先端科学技術大学院大学)

### 1 はじめに

Software-Defined Networking(SDN) はネットワーク機器をコントローラと呼ばれるソフトウェアで中央管理する手法である。しかしコントローラの配置問題は NP 困難として知られており、現実的な実行時間で最適解を求めることが難しく、近似解を求めるメタヒューリスティクスが注目されている。本稿では遺伝的アルゴリズムをベースに大域的に解空間を探索する手法を提案する。

### 2 提案手法

提案手法を Algorithm 1 に示す。パラメータはそれぞれグラフ  $G=OS3E$  トポロジ, 個体数  $N=10$ , 交配数  $c=5$ , 変異率  $m=1\%$ , 試行回数  $I=1000$ , コントローラ数  $n$  は 1 から 5 である。次世代に前世代の 5 個体を引き継ぐことで局所解に陥らず解の探索を行う工夫をしている。モデルは Hock ら [1] により提案されているスイッチ-コントローラ間の平均レイテンシ (1) とスイッチ-コントローラ間の最悪レイテンシ (2) を採用する。

**Algorithm 1** 遺伝的アルゴリズムをベースに大域的に解空間を探索する手法

**Input:**  $G$ : グラフ,  $N$ : 個体数,  $c$ : 交配数,  $m$ : 変異率,  $I$ : 試行回数,  $n$ : コントローラ数

**Ensure:** list[0]: 最適解

```

1: # 1. 初期個体をランダムに  $N$  個生成
2: for  $i = 1$  to  $N$  do
3:   list.append(random_sample(controllers,  $n$ ))
4: end for
5: # 2. 選択と交叉による個体の抽出
6: for  $i = 1$  to  $I$  do
7:   sorted = sorted(list, key=average_latency)
8:   children = crossover( $c$ , sorted[0], sorted[1])
9:   list = sorted[0..4] + children
10: end for

```

$$L_{\text{avg}}(C) = \frac{1}{n} \sum_{v \in V} \min_{c \in C} d(v, c) \quad (1)$$

$$L_{\text{wc}}(C) = \max_{v \in V} \min_{c \in C} d(v, c) \quad (2)$$

### 3 評価・結果

図 1 にコントローラ数 1 から 5 までの貪欲法による最適解、図 2 に先行研究で採用されている焼き鈍し法による近似解、図 3 に提案手法の近似解を示す。表 1 は焼き鈍し法

と提案手法により得られた近似解候補の平均を示したものである。図 2,3 を比較すると本提案手法では 1~2 個多い近似解候補を得られていることがわかる。また表 1 から各コントローラ数における平均レイテンシ、最悪レイテンシともに本提案手法では焼き鈍し法と比較して 3~20%ほど近似解が改善していることがわかる。

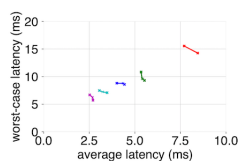


図 1: 貪欲法による最適解

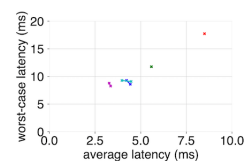


図 2: 焼き鈍し法による近似解候補

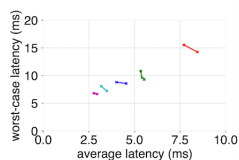


図 3: 提案手法による近似解候補

表 1: 焼き鈍し法 (SA) と提案手法 (GA) の近似解の比較

	SA		GA	
	average(ms)	worst(ms)	average(ms)	worst(ms)
1	8.4918	17.7327	8.0775	14.9026
2	5.5814	11.7546	5.4238	9.8284
3	4.3243	8.9223	4.2653	8.7176
4	4.2212	9.1749	3.3596	7.3837
5	3.3111	8.5171	2.6651	6.6725

### 4 まとめ

本稿では遺伝的アルゴリズムをベースに大域的に解空間を探索する手法を提案・評価した。結果、本提案手法では得られる近似解の数と質の両面で優位性があり、コントローラ最適配置問題のソルバとしての採用可能性が示唆された。

### 参考文献

[1] D. Hock, M. Hartmann, S. Gebert, M. Jarschel, T. Zinner and P. Tran-Gia, "Pareto-optimal resilient controller placement in SDN-based core networks," Proceedings of the 2013 25th International Teletraffic Congress (ITC), 2013, pp. 1-9, doi: 10.1109/ITC.2013.6662939.