

比較情報を考慮した効率的な制御戦略の合成に関する研究

都竹 佑季 (22B30490) 指導教員：鄭 顕志

1 概要

離散事象システムの制御において、動作コストを最小化する制御器(制御戦略)の合成は重要である。従来の制御戦略の合成手法は、制御戦略を合成するために中間生成物を經由しており計算空間の無駄が生じるという課題が存在する。本研究では、この課題を解決するため、全体モデルを構築せずに制御器を合成する手法である Directed Discrete Controller Synthesis (DDCS)[2] を拡張する。具体的には、コストの比較情報を考慮した新たなヒューリスティックを導入して、制御戦略を直接合成する手法を提案する。

2 研究背景（既存研究）

イベントの発生により状態が離散的に遷移するシステムを離散事象システムと呼ぶ。離散事象システムは状態遷移図を用いてモデル化される。

モデル化されたシステムの動作仕様や要求を元に、実際にシステムを制御するための制御器を合成する。その際、制御器の各動作に時間や料金、電力などのコストを考慮することで総合的なコストを最小化する制御器の導出が重要となる。

そこで、比較情報をもとに制御器からコストが低くなるような動作を抽出する。抽出して生成されたものを制御戦略と呼ぶことにする。制御戦略に基づいてシステムを動かせば、自動的にコストが最小化された動作になる。

3 既存研究における課題

従来の制御戦略の合成手順 [1] は以下の通りである。

1. 各モデルを並列合成して、あり得る状態を全て構築した全体モデルを合成する。
2. 全体モデルから違反状態を削減して、安全性、到達可能性を満たす制御器を生成する。
3. 制御器から比較情報を元に制御戦略を抽出する。

この方法では、各環境モデルから制御戦略を生成するまでに中間の全体モデルを經由している。この中間生成物が計算空間の無駄となっていることが課題である。

4 提案手法

本研究では Directed Discrete Controller Synthesis(DDCS)[2] を拡張して、比較情報を考慮した探索を行う新たな DDCS を作り解決を試みる。DDCS は初期状態を始めとして状態を一個ずつ追加して制御器を構築していく手法である。どの状態を追加していくべきかをヒューリスティックに基づいて決定し、可能な限り早く Marking Action(Marking State) に到達できるようにする。従来手法と異なり全体モデルを經由せず直接制御器を構築できるため必要主記憶容量を削減できる。ただし、通常の DDCS では比較情報が考慮されておらず全体としてコストが高い制御器が生成される可能性がある。そこで本研究で比較情報を考慮したヒューリスティックを用いた新たな DDCS を作り、直接制御戦略を合成することを目指す。

5 研究計画

本研究の今後のスケジュール:

2025 年 7 月-8 月: ヒューリスティックを考案し実装, 実験

2025 年 9 月: 論文執筆

参考文献

- [1] E. Castellano, V. Braberman, N. D'Ippolito, S. Uchitel, and K. Tei, *L^AT_EX: Minimising Makespan of Discrete Controllers: A Qualitative Approach*, in 2019 IEEE 58th Conference on Decision and Control (CDC), Nice, France, 2019, pp. 1068-1075..
- [2] D. Ciolek, M. Duran, F. Zanollo, N. Pazos, J. Braier, V. Braberman, N. D'Ippolito, and S. Uchitel, *L^AT_EX: On-the-fly informed search of non-blocking directed controllers*, Automatica, vol. 147, No. C (2023).