



Title	Maximally Permissive Similarity Control of Nondeterministic Discrete Event Systems
Author(s)	李, 京倫
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/89621
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (李 京 倫)	
論文題名	Maximally Permissive Similarity Control of Nondeterministic Discrete Event Systems (非決定性離散事象システムの最大許容模倣制御)
<p>論文内容の要旨</p> <p>Over the past few decades, the control theory of discrete event systems has been successfully applied to provide formal treatments for many engineering systems. The basic supervisory control of discrete event systems aims to synthesize a maximally permissive supervisor (optimal controller) so that the system under control satisfies the given safety and nonblockingness (liveness) specification.</p> <p>In the analysis and control of discrete event systems at a certain level of abstraction, nondeterminism may be introduced in the system and specification models when some lower-level details are omitted. In the nondeterministic setting, a notion of simulation relation is stronger than the conventional language inclusion relation since it specifies the universal constraints on the branching behavior in addition to the sequential behavior represented by a language.</p> <p>This dissertation studied the supervisory control problem of enforcing similarity for nondeterministic discrete event systems so that the supervised system is simulated by the specification which denotes the safety requirement. First, we studied the similarity control problem for partially observed discrete event systems, which extends an existing research studied for the full observation case. We developed a method to synthesize a maximally permissive supervisor that enforces similarity under partial observation. Then, we considered the control problem of both enforcing similarity and imposing nonblockingness. To solve the nonblocking similarity control problem, we provided an algorithm that computes a maximally permissive nonblocking supervisor from a possibly blocking one, which works for both fully and partially observed systems. An existence condition for a solution to the nonblocking similarity control problem was also derived. Finally, the modular control architecture was applied in the similarity control problem in two cases, where the supervisor synthesis suffers from exponential state space explosion: (i) the system is given as monolithic and the specification consists of a set of elementary specifications, and (ii) the composite system consists of multiple subsystems, each of which is assigned a corresponding local subspecification. We identified the conditions under which the maximal permissiveness can be achieved by the modular control.</p> <p>The organization of the dissertation is as follows:</p> <p>Chapter 1 summarized existing research and introduced the organization of the dissertation.</p> <p>Chapter 2 introduced several basic notions that are used in the dissertation.</p> <p>Chapter 3 solved the similarity control problem subject to partial observation.</p> <p>Chapter 4 considered the nonblocking similarity control problem where the event occurrence is allowed to be partially observed.</p> <p>Chapter 5 studied the modular similarity control problem of monolithic systems with modular specifications.</p> <p>Chapter 6 considered the modular similarity control problem of the composite systems.</p> <p>Chapter 7 summarized the dissertation and introduced some directions of future work.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (李 京 倫)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	高井 重昌
	副 査	教授	舟木 剛
	副 査	教授	牛尾 知雄
	副 査	招へい教授	宮本 俊幸
	副 査	講師	橋本 和宗

論文審査の結果の要旨

現在の制御システムの多くは、実世界の物理システムを情報システムにより制御するサイバーフィジカルシステムとみなすことができる。サイバーフィジカルシステムは、事象駆動型の側面をもち、事象駆動型システムとしてのモデリング・解析・制御・最適化などが必要となる。そこで、サイバーフィジカルシステムを、事象の生起によりその状態が離散的に遷移する離散事象システムとしてモデル化し、その解析・制御・最適化などを行うアプローチが期待されている。そのような離散事象システムに対する制御理論として、スーパーバイザ制御理論が構築されている。スーパーバイザ制御理論に関する多くの既存研究では、事象の生起による状態の遷移先が一意に定まるという意味での、システムの振舞いの決定性が仮定されている。しかし、モデリングの段階での抽象化などの理由により、状態の遷移先が一意に定まらない非決定性が生じる場合がある。状態遷移に非決定性を有する非決定性離散事象システムを対象とし、制御されたシステムが与えられた仕様に模倣されることを保証する制御器としてスーパーバイザを構成する問題は模倣制御問題と呼ばれる。本論文では、この模倣制御問題において、模倣関係に関して最適な、最大許容スーパーバイザの構成手法を提案している。

センサ配置に関する制約などのため、スーパーバイザは対象システムで生起する事象をすべて観測できるとは限らない。そのような状況は部分観測と呼ばれ、すべての事象の生起が観測できる完全観測と異なり、観測できない事象の生起を考慮する必要がある。そこで、本論文では、観測できない事象の生起を考慮したスーパーバイザの構成法を提案し、構成されたスーパーバイザが最大許容であることを証明している。

現実の多くの制御問題では、与えられたタスクの完了が要求される。そこで、本論文では、制御されたシステムが与えられた仕様に模倣されることに加え、タスクの完了を表す状態に常に到達可能であることを保証するノンブロッキング性を要求する模倣制御問題に対し、スーパーバイザの構成法を提案し、構成されたスーパーバイザが最大許容であることを証明している。

また、複数の仕様が与えられる場合には、すべての仕方を合成し一つの全体仕様として取り扱うことが可能であるが、そのようなアプローチでは、全体仕様の状態数が増加しスーパーバイザの構成が計算量の観点から困難となる、あるいは一つの仕様に変更が生じた場合に全体仕様の再構成が必要になる、といった問題点がある。そこで本論文では、複数の仕様のそれぞれに対して、個々に最大許容スーパーバイザを構成する手法を提案し、すべての仕方を合成した全体仕様に対して最大許容スーパーバイザを構成する場合と同じ許容性が得られ、スーパーバイザの構成のための計算量を低減できることを示している。

さらに、対象システムが、ローカルな仕様を有する複数のサブシステムの合成により表現される場合の模倣制御問題に対して、本論文では、単一のスーパーバイザを構成するのではなく、サブシステム毎にローカルなスーパーバイザを構成する手法を提案している。そして、提案手法により、単一の最大許容スーパーバイザを構成する場合と同じ許容性が得ら

れるための十分条件を明らかにしている。

以上のように、本論文は非決定性離散事象システムを対象とする模倣制御問題において、最適な最大許容スーパーバイザの構成手法を提案し、離散事象システムのスーパーバイザ制御理論の構築に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。