

| | |
|--------------|---|
| Title | 離散事象システムの分散制御における通信最小化に関する研究 |
| Author(s) | 井口, 昇 |
| Citation | |
| Issue Date | 2005-03 |
| Type | Thesis or Dissertation |
| Text version | none |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/1923 |
| Rights | |
| Description | Supervisor:平石 邦彦, 情報科学研究科, 修士 |

離散事象システムの分散制御における 通信最小化に関する研究

井口 昇 (310006)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2005年2月10日

キーワード: 離散事象システム, 分散スーパーバイザ制御, 通信の遅延, 通信最小化, 近似アルゴリズム.

離散事象システム (DES: Discrete-Event System) とは, イベントの発生によって状態が非連続的に変化するようなシステムの総称である. 本論文では, 離散事象システムの分散制御において, コントローラ間の通信を最小にするような問題を考えた. 結果として, この問題は NP 困難のクラスに属することを示し, 問題に対する近似アルゴリズムを示した.

本研究で対象とする離散事象システムとして捉える事のできるシステムは, ロボット動作, プラント制御, コンピュータのハード/ソフトウェア等, 広範囲にわたっており, 応用が期待されている分野である.

離散事象システムをモデル化する手法として, ペトリネットやオートマトン, プロセス代数等がある.

離散事象システムを制御する手法の一つとして, Ramadge らによって提案されたスーパーバイザ制御がある. スーパーバイザ制御では, 制御する対象と制御仕様および制御器 (コントローラあるいはスーパーバイザ) をオートマトンを用いて表す.

従来のスーパーバイザ制御では, コントローラの数は一つであり, 集中制御方式となっていた. しかし近年の分散制御志向の高まりに伴い, スーパーバイザ制御においても分散制御手法が研究されてきた. なお, ここでは分散制御とは, 複数のコントローラにより一つの制御対象を制御することである. 集中制御方式の次に提案された分散制御方式として, 通信を用いない分散制御方式がある. その後, 通信を用いる分散制御方式についても研究がされてきた. また, 通信に遅延がある場合の分散制御について, コントローラを設計する問題の可解性が Tripakis により研究されてきた.

従来研究において制御仕様を満たすということは, コントローラによって制御された制御対象の示す言語が制御仕様と等しくなることを言う. しかし, 通信を用いた分散制御方

式においては、制御されたプラントのイベント発生と仕様のイベント発生が言語等価であっても、同じ動作を保障するものではない。このため、通信を用いた分散制御方式において、言語等価とは違った基準で制御仕様を満たすということを判断しなければならない。このための基準の一つとして、プラントの発生するイベントに関する双模倣性を用いることが提案されている。しかし、制御されたシステムと制御仕様とが双模倣となるようなコントローラを設計する方法は報告されていない。

また、分散制御における通信イベントの最小化について、いくつかの研究が報告されているが、いずれも言語等価性を用いて仕様を満たしたかどうかを決定している。また、通信に遅延がある場合の通信イベントの最小化問題は研究されていない。

本研究では、上述で示された問題に対して解決策を示すことを目的とする。本研究の具体的な目的を以下に示す。

- 分散制御コントローラの設計アルゴリズム
制御されたシステムと制御仕様とが双模倣等価となるような分散制御コントローラを設計するアルゴリズムを提案する。
- 通信最小化問題の定式化
通信最小化問題の定式化を行う。
- 通信最小化問題の複雑さの解析
遅延を含む通信最小化問題について、問題の複雑さの解析を行う。
- 通信最小化問題を解く (近似) アルゴリズムの提案
通信最小化問題を解くアルゴリズムを提案する。

本研究の結果として、制御されたシステムと制御仕様とが双模倣等価となるようなコントローラの設計アルゴリズムを提案した。また、通信最小化問題を定式化し、この問題がNP困難なクラスに入ることを示した。最後に、通信最小化問題を解く近似アルゴリズムを提案した。本研究における具体的な成果を以下に示す。

- 分散制御コントローラの設計アルゴリズム
集中制御コントローラを基にして分散制御コントローラを設計するアルゴリズムを示した。ただし、このアルゴリズムでは通信の最小化を行った「最適な」スーパーバイザを求めることはできない。
- 通信最小化問題 (最適化問題) の NP 困難性
通信最小化問題 (最適化問題) が NP 困難な問題であることを示した。
- 通信最小化問題を解く近似アルゴリズム
通信最小化問題を最小色数切断問題へと変換した後に、近似率が辺の数の $1/2$ 乗となる近似アルゴリズムを示した。

本研究における今後の課題として以下が考えられる．

- 通信がコントローラ全てに行き渡らない場合の分散制御

本研究では，通信イベントが全てのコントローラにとって可観測であるという仮定の下で行っている．しかし，実際のアプリケーションを考慮すれば，コントローラ全てに常に通信を行き渡らせるのはコストがかかる．よって，全てのコントローラに通信イベントが観測できない場合の分散制御について考える必要がある．

- 通信のロスがある場合の分散制御

実際のアプリケーションにおいて，通信イベントが確実に他のコントローラに送られる保障は存在しない．しかし，本研究では通信イベントのロスが存在しないことを条件としている．よって，通信イベントのロスを考慮した分散制御について考える必要がある．