

系再構成機能を実現する分散システムの構成方法に関する一検討

Configuration Method of a Distributed System for Flexible System Reconfiguration

武田裕太¹, 望月寛²*Yuta Takeda¹, Hiroshi Mochizuki²

Abstract: At present, a distributed control system that realizes more advanced work in real time is noted. And there are many researches to improve reliability of this system. We propose a flexible system reconfiguration method which inherits functions of failed controllers using calculation resource margin of other controllers. By applying to a distributed system, we realize improvement of reliability without using standby controllers, and expect the effectiveness of a cost reduction. In this paper, we studied about a configuration method of an interface between controllers, sensors and actuators. We carried out computer simulations for implementation of our proposed method using an programmable device, such as FPGA/CPLD.

1. はじめに

近年, リアルタイムでのより高度な作業を実現するために, 複数のコントローラを用いた分散制御システムが注目されている. このようなシステムの高信頼化に対しては様々な検討がなされているが, 筆者らは, あるコントローラの故障時にその他のコントローラの計算資源余裕を利用し, 機能を代行する「系再構成機能を持つシステム」の概念を提案, 分散制御システムへの適用を検討している^[1]. これにより, 従来のように予備系を用いることなく, システムの高信頼化を図ることが可能となり, コスト削減等の効果が期待できる. 本研究では, 系再構成機能を実際の分散制御システムへ適用することを目的として, コントローラとセンサ・アクチュエータとのインターフェース部を FPGA(Field Programmable Gate Array) 等のプログラマブルなデバイスで構成する方法について検討し, 実際に, 科学技術計算ソフトである MATLAB/Simulink を用いた計算機シミュレーションにより評価した.

2. 系再構成機能の概要

故障系の処理を引き継ぐ系をリリーフ系と呼ぶ. 一般に処理部の負荷は高いものであるとすると, 一台の処理系で機能リリーフが行えるとは限らない. そこで, 故障系のタスクをいくつものリリーフ系に代行させるかを表現するために粒度 (particle size: P) を用いる. 例えば, Figure 1. のように m 台の処理部に分割しリリーフさせた場合の粒度は, $1/m$ と定義する. また, リリーフ系は代替機能のソフトウェア資源を予め用意しておくばかりでなく, 処理をスムーズに代行するための引き継ぎデータを一定時間ごとに登録しておく必要がある. 故障系が発生した場合には, 故障系を同定し機能を代行する.

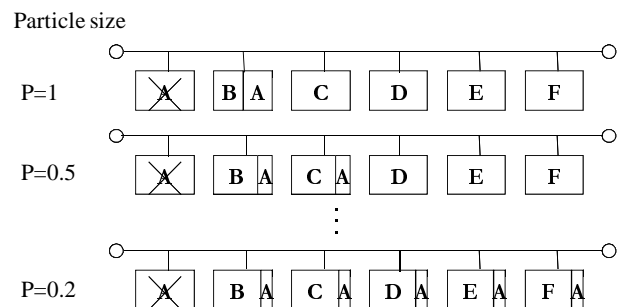


Figure 1. Overview of flexible system reconfiguration.

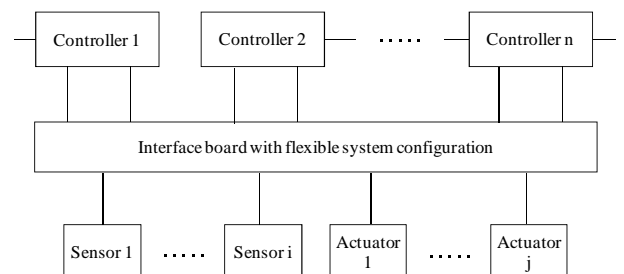


Figure 2. Composition of distributed system included interface board with flexible system reconfiguration.

3. 系再構成機能を有する分散システムの構成

Figure 2. には系再構成機能を有するインターフェースボードを含んだ分散制御システムの構成図について検討した. この図のように, 各コントローラでは, 余剰の I/O ピンに各種ハードウェア資源を制御するレジスタ情報の出力のみを行い, それを系再構成機能用コントローラが収集する形を取る. そのため, 各コントローラの系再構成機能を実現するための処理はシンプルとなる. また, 故障診断に関しては, 各コントローラからのレジスタ情

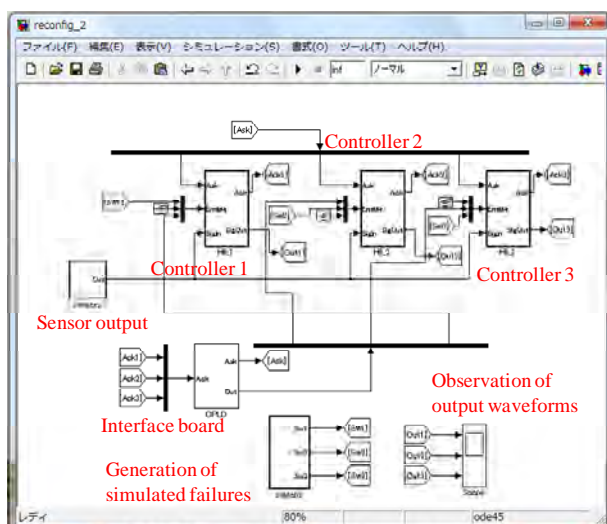


Figure 3. Simulation model of interface board using MATLAB/Simulink.

報が得られなくなった場合に故障と判断し、他のコントローラへと機能を代行する。さらに、各コントローラとモータ・センサとのインターフェースに I/O ボードを使用し、系再構成機能用コントローラの制御信号によって、接続を動的に変化できるようにする。ここで、実際のインターフェースボードにおいては、接続を動的に変化するなどのハードウェア条件から、プログラマブルなデバイスである FPGA を用いた開発を前提としている。

次に、この構成方法の有効性を検証するために科学技術計算ソフトである MATLAB/Simulink による計算機シミュレーションを実施した。Figure 3. にそのシミュレーションモデルを示すが、シミュレーション条件として三つのセンサから得られる情報を三つのコントローラで処理することとした。そして、一台のコントローラに対して、電源を投入せず、故意に動作しない状態となるような模擬故障を与えた場合、系再構成機能によって他のコントローラが、機能をリリーフすることとする。計算機シミュレーションを実施した結果、任意の一台のコントローラの故障に対して、他のコントローラがその機能をリリーフし、システム全体として機能を失うことなく動作することを確認した。また、計算機シミュレーション結果に基づいて、Figure 4. のように実際に FPGA とコントローラを用いて分散システムを構成した。そして、先の検討と同様の模擬故障を与えた時に、他の正常のコントローラがリリーフし、システム全体として機能を維持することを確認した。

以上、ここまでインターフェースボードの概要について示したが、これはセンサ・アクチュエータとコントローラとの接続をインターフェースボードに集約したため、コントローラ故障時における他のコントローラへの配線切り

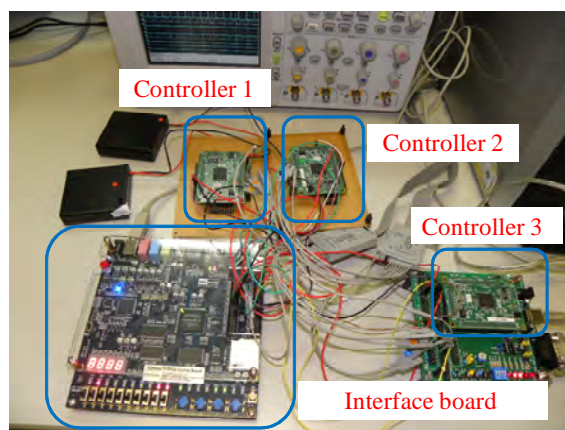


Figure 4. Actual distributed system using FPGA and controllers.

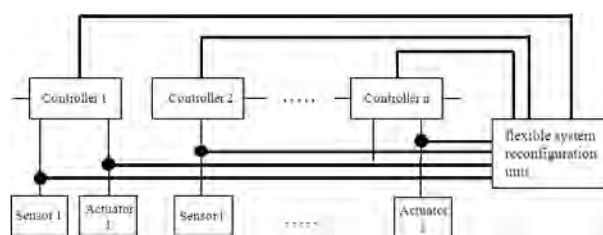


Figure 5. Composition of distributed system included flexible system reconfiguration unit.

替えはスムーズになる一方で、インターフェースボード自身が故障した際に、系そのものが機能なくなり、結果として高信頼化が図れるとは限らない構成となっていた。それに対して、Figure 5. は系再構成型システム構成用ユニットとして、コントローラやセンサ・アクチュエータに対して外付けとなるように配置した。このユニットはコントローラが故障した際に、機能をリリーフしたいコントローラと該当するセンサ・アクチュエータと通信路をユニットを介して確保する。また、このユニット自身が故障した場合でも通常の系の配線には影響を与えないため、コントローラが正常稼働している限り機能は維持される。

4. まとめと今後の課題

本研究では、系再構成機能を有する分散システムの構成方法及び、計算機シミュレーションなどによる有効性検証を行った。今後、系再構成型システム構成用ユニットを含んだ構成に関しても FPGA 等のデバイスへ実装し、性能評価を実施する予定である。

5. 参考文献

- [1] 志賀他, "フレキシブルな系再構成機能を持つシステムに関する一検討", 第 13 回春季信頼性シンポジウム発表報文集, 4-3 (2005).