

I<sup>2</sup>C 通信を用いた系再構成型システムに関する検討

A Study on Flexible System Reconfiguration using I<sup>2</sup>C communication

武田裕太<sup>1</sup>, 望月寛<sup>2</sup>

\*Yuta Takeda<sup>1</sup>, Hiroshi Mochizuki<sup>2</sup>

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 (FSR) method which inherits functions of failed controllers using calculation resource margin of other controllers. In previous researches, we have designed a interface board in which FSR functions are implemented. And this board have been applied to an actual distributed system with some sensors and actuators. In this paper, we show a new architecture for FSR based on I<sup>2</sup>C communication.

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型システム (flexible system reconfiguration:FSR) 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.

実際にこのシステムを構成する際, コントローラとセンサ・アクチュエータの入出力部とのインタフェースが重要である. このことから, 筆者らは各コントローラとセンサ・アクチュエータの配線を集約した上で, 系再構成機能を実装したインタフェースボードを設計し, 実際に FPGA を用いた開発を行った. 本研究では, 2 線式のシリアル通信方式である I<sup>2</sup>C(Inter-Integrated Circuit) 通信による構成を検討したので報告する.

2. 系再構成型システムの概要

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か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, 図 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

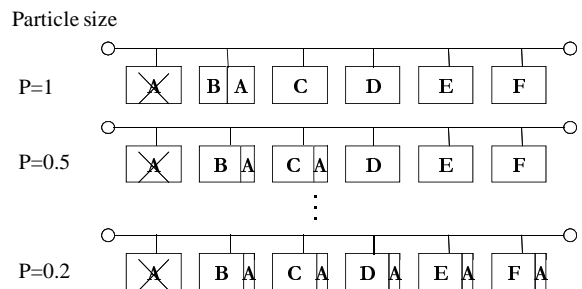


Figure 1. Overview of FSR.

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 [1].

3. 従来の系再構成型システムの構成

図 2 は筆者らが従来検討しているインタフェースボードを含んだ系再構成型システムの構成図である. 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の制御に関わるレジスタ情報を出し, 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. 以上のような構成に基づき, 実際に周期の違うパルスを出力する 3

1 : 日大理工・院・電子 2 : 日大理工・教員・子情

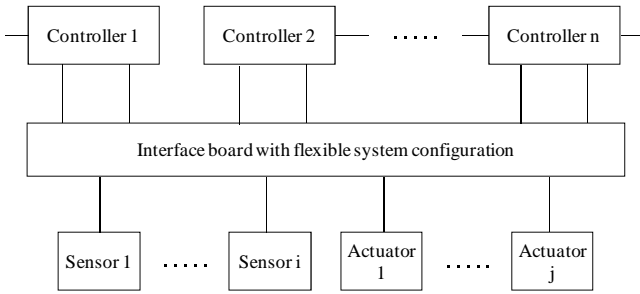


Figure 2. Composition of distributed control system included interface board with FSR.

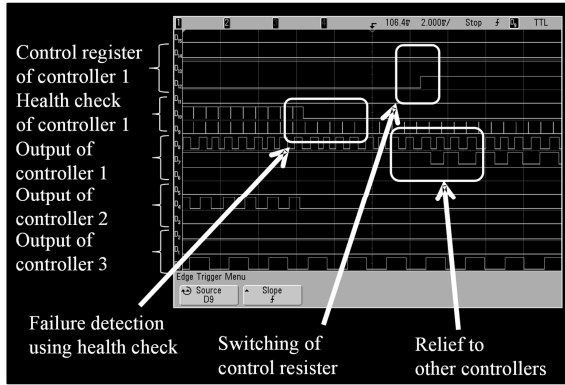


Figure 3. Output waveforms of controllers.

つのコントローラと FPGA で開発したインタフェースボードを用いて分散制御システムを構成した。図 3 にコントローラ 2 に電源を投入せず，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の各コントローラの出力波形を示す。この図より模擬故障発生後，ヘルスチェックによってコントローラ 2 の故障を検知し，コントローラ 2 が担っていた機能をコントローラ 1 がリリースするように指示，コントローラ 1 はそれが持つ制御レジスタ値を設定することによってコントローラ 2 のパルス出力をリリースすることを確認した [2]。

#### 4. I<sup>2</sup>C 通信を用いた系再構成型システムの構成

図 4 に系再構成型システム構成用ユニットを用いた構成を示す。この図より，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，機能代行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，インタフェースボードの際に問題となっていた自身の故障に対しても，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。ここで，実際の通信においては，ユニットからの ASK 信号に対して，コントローラが現在の制御レジスタ群の設定値やタイマのカウント値など機能遂行に必要なパラメー

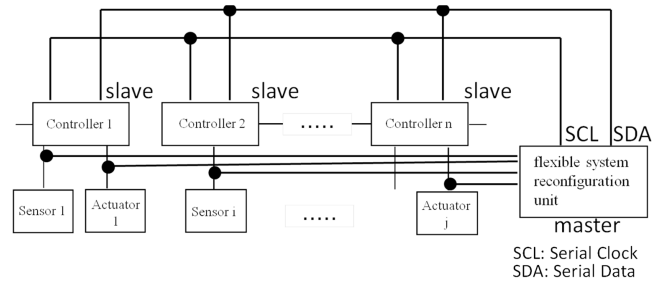


Figure 4. Composition of FSR using I<sup>2</sup>C communication.

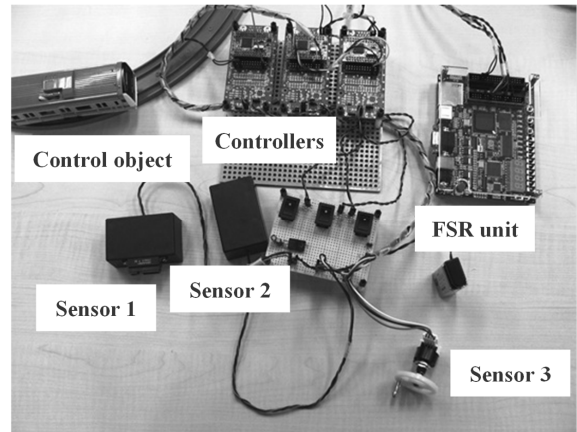


Figure 5. Implementation of FSR to the actual distributed control system.

タを ACK 信号として返信する方式を採用するが，その具体的な通信方式として I<sup>2</sup>C 通信を用いる。この理由として I<sup>2</sup>C は 1 本の信号線とクロック線のみで通信が可能で省配線が実現できるということに加えて，系再構成機能を実現する際はユニットがマスタ，コントローラがスレーブに固定されるから，仮に既存の分散制御システムで I<sup>2</sup>C が用いられていた場合でも，コントローラのハードウェア資源の増設なしで実装することが可能である。

#### 5. まとめ

本報告では，I<sup>2</sup>C を用いた系再構成型システムの検討を行った。現在，図 5 に示すような実際の分散制御システムへの実装を行っており，今後，その性能について評価する予定である。

#### 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告文集，4-3 (2005)。
- [2] 望月他，“系再構成機能を有するインタフェースボードの設計”，信学技報，Vol.109, No.161, pp.7-10 (2009)。