

系再構成型システムにおける CPU 負荷を考慮したリリーフ手法の検討 A Study on a Relief Method Considering CPU Load in Flexible System Reconfiguration

○池田京輔¹, 望月寛²*Kyosuke Ikeda¹, Hiroshi Mochizuki²

Abstract: In previous research, we proposed a flexible system reconfiguration method which is that when a controller failed, other controllers inherit its functions by using calculating resource margin of them. And we applied the system to distributed control system in which there are several controllers, sensors and actuators. In this paper, we attempted to improve a relief ability by considering CPU load. After measuring CPU load of each function in a controller, we proposed static and dynamic relief methods considering CPU load in flexible system reconfiguration.

1. はじめに

近年, ネットワークやコンピュータの急速な発展に伴い, 様々な分野においてシステムの巨大化, 複雑化が進んでいるため, これらのシステムの高信頼化は重要な課題である. それに対して筆者らは先行研究により, 複数のコントローラを用いた分散システムに対して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を可能にする系再構成型システム(Flexible System Reconfiguration : FSR)を提案した^[1].

本研究では, その系再構成型システムの基本機能となるコントローラ故障時のリリーフ機能について, CPU 負荷率を考慮した手法を採用することにより, より効率的なリリーフを行う手法について検討する. テストツールを用いてコントローラ内に実装されているソフトウェアのテストを実施し, ボトルネックとなる処理を抽出した後, それを考慮した具体的なリリーフ手法を検討した.

2. 系再構成型システムの概要と実際の分散システムへの適用

コントローラ自身の性能やペリフェラルを含めた計算資源が近年飛躍的に増大している背景から, 分散システムを構成する各コントローラには十分な計算資源余裕があると仮定した. そして, それらを利用することによって, コントローラが故障, あるいは大きな処理負荷が発生した際に, そのコントローラが担っていた機能を従来のように予備系を用いることなく, その他のコントローラの資源余裕を利用して機能を代行, あるいは同時に処理することで負荷を分散させる手法を提案した. これを系再構成型システムと定義した.

次に, 図 1 に系再構成型システム構築用(FSR)ユニ

ットを用いた分散制御システムの構成を示す. 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系再構成型システム構築用ユニットを配置する. 制御レジスタ情報の収集や更新, および故障診断を受けた I/O 切替という機能をユニットが行う構成になっている. また, 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・アクチュエータとの通信路をユニットを介して確保する. さらに, 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, 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.

以上を踏まえて, 図 2 に示すような分散制御システムを PIC マイコンで構築し, 性能を評価した. このシステムでは光センサ (CdS セル), 傾斜センサ, カウンタ用スイッチの 3 つのセンサに対する処理結果を 7セグ LED に出力する構成をとっている. また, 系再構成型システム構築用ユニット (FSR ユニット) も同様に PIC マイコンを用いて開発した. 結果として, カウンタ値の引き継ぎという履歴を有する処理を行うコントローラ 3 がフリーズするような模擬故障を与えた際のリリーフ性能を評価した. そして, 他のコントローラにそれまでのカウンタ値を引き継いだ上でカウンタ機能が 6[ms]程度でリリーフできることを確認した^[1].

3. CPU 負荷を考慮したリリーフ手法の概要

前章までに系再構成型システムの概要および基本的なリリーフ性能の検討について明らかにしたが, 実システムへの応用を検討する際, どのコントローラに計算機限余裕があるかをあらかじめ把握しておくことは, 効率的なリリーフを実現するために重要である. 例えば, コントローラに実装されているソ

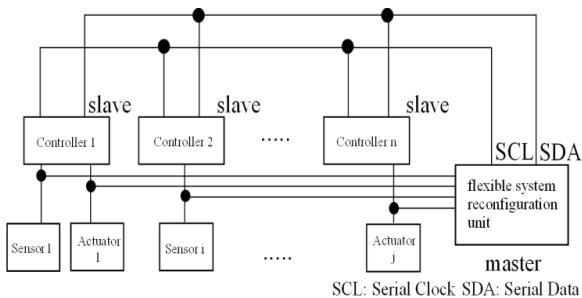


Figure 1. Configuration of distributed system installed FSR unit.

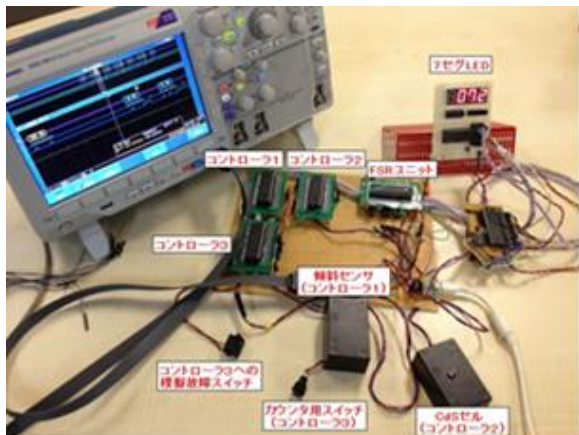


Figure 2. Configuration of distributed system installed FSR unit.

ソフトウェアが CPU に与える負荷についてテストした結果を図 3 に示すが、当然、各ソフトウェアによって負荷が異なり、また、処理量やソフトウェアの使用頻度によって、CPU 負荷は時間的に変動する。このことを踏まえて本章では、ソフトウェアのテスト機構を FSR 内に実装することを前提として、先行研究で提案された系再構成型システムにおける新たなリリーフ手法を検討する。具体的には、CPU 負荷を考慮したリリーフ手法を静的及び動的の 2 方面で検討する。まず静的なリリーフ手法に関しては、各機能の CPU 負荷をシステム構成前に解析を行い把握する。それによって、各コントローラが故障した際のそれぞれの機能リリーフ先をテーブルとして事前に設定しておくことで、あるコントローラの故障時に特定のコントローラに負荷が偏ることのないリリーフ手法となる。また、先行研究や前述の静的なリリーフ手法におけるタスクのリリーフはコントローラの故障をトリガとして行われるが、システムの高信頼化という観点ではコントローラの故障そのものを防ぐことも望ましい。ここで、故障の要因の一つとして高負荷状態が続くことが考えられる。そこで、動的なリリーフ手法においては、リアルタイムで各コントローラの CPU 負荷の解析を行う。そうす

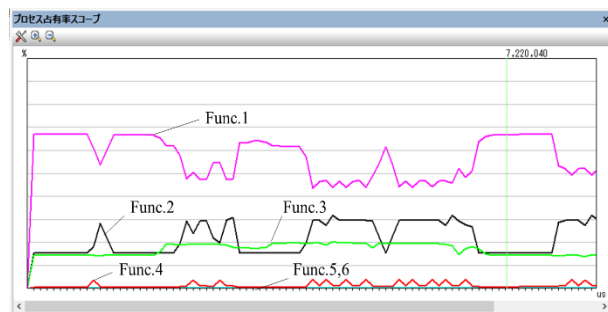


Figure 3. An example of CPU load test results.

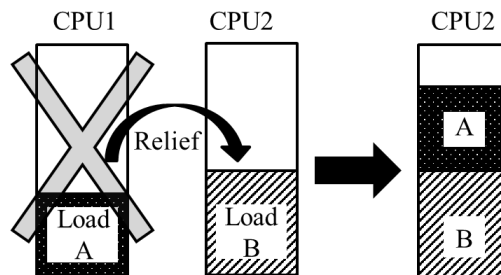


Figure 4. CPU load transition after function relief.

ることで、故障だけでなく、あるコントローラの負荷の増大をトリガとして機能リリーフを行うことができるようになるため、静的なリリーフ手法のように負荷の偏りを防ぐことだけでなく、一部のコントローラの負荷が大きくなった際、計算資源余裕のある他のコントローラにタスクの一部をリリーフすることで高負荷状態を避けることも可能となる。

以上、ここまで CPU 負荷を考慮したリリーフ手法について述べたが、実際には、機能をリリーフした際の CPU 負荷の遷移は重要な検討事項である。図 4 に機能リリーフ時の CPU 負荷の遷移についての概念図を示すが、このようにある機能をリリーフ時に、通常処理をしている負荷との干渉によって、負荷の増加が線形的でなくなる可能性がある。それに対しては、ウォッチドッグタイマ等によりテストを機能リリーフ後も継続して実施し、リリーフの妥当性について検証できるように配慮する。

4. まとめ

本稿では、系再構成型システムにおける新たなリリーフ手法として、CPU 負荷に着目した手法を静的提案した。今後、機能リリーフ後の CPU 負荷の変化を測定することで、実システムにおいて各機能の負荷を測定しリリーフテーブルを作成するとともに、各機能が CPU に与える負荷の線形性の検証等を行うことによって、研究の深度化を図りたい。

5. 参考文献

[1]望月他, “系再構成機能を有する分散制御システムの開発”, 信学技報, Vol.112, No.362, pp.17-20(2012)