

# 組込みシステムのハードウェア・ソフトウェア再構成における機能変換機構の検討

宮本 健太<sup>†</sup> 篠原 大輔<sup>†</sup> 清尾 克彦<sup>††</sup> 三井 浩康<sup>†</sup> 小泉 寿男<sup>†</sup> 神戸 英利<sup>†††</sup>

東京電機大学理工学部情報システム工学科<sup>†</sup>

株式会社 ゼネテック<sup>††</sup> 三菱電機株式会社<sup>†††</sup>

## 1. はじめに

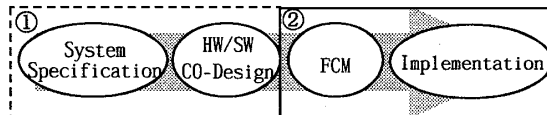
近年、情報通信技術の発展により、組込みシステムは家電製品など我々の身の回りにあるものだけでなく産業機器などに応用分野を拡大し、産業分野で重要な役割を果たしている。組込みシステム開発の現状として、利用者の要求多様化に対応するための多機能化に伴うシステムの大規模化・複雑化、製品出荷サイクルの短期化が挙げられ、開発期間短縮やコスト削減が求められている。

また、企業サイドの現状として製品出荷後のシステムに対してシステムアップデートによる設計不備の修正・簡単な機能追加など行なっているが、対応可能な範囲は限定的であり、システムアップデートによる不具合回避が出来なければ、基盤の交換で対応している。しかし、基盤交換はコスト面、時間的コストから考えてもデメリットが多く、容易ではない。そのため、ハードウェアの再構成を可能とするリコンフィギャラブルシステムの研究が広く行なわれているが、ユーザサイドから企業への要求を起点としたリコンフィギャラブルシステムの研究は事例が少ない。

そこで、本研究ではユーザの要求を起点とした機能再構成を可能とする組込みシステム開発のため、システム仕様を基に再構成対象となるハードウェア/ソフトウェア(以下 HW/SW)分割パターンを作り出し、各パターンの動作検証による動作保障を図る HW/SW 協調設計方式、分割パターンに対して利用者による任意な HW/SW 機能の再構成を実現する機能変換機構を提案する事で製品の機能を利用者が任意に選択した機能へ再構成可能とする optionally reconfigurable 方式を提案する。本稿では、後者に挙げた HW/SW 機能の再構成を実現する機能変換機構について述べる。

## 2. 研究内容

本研究における提案方式の構成図を以下に示す。



Creation of functional Pattern, Movement verification

※FCM: Functional Conversion Mechanism

図 1 提案方式の流れ図

### Examination of function convert mechanism in hardware/software reconfiguration of embedded system

<sup>†</sup> Kenta Miyamoto, Daisuke Shinohara, Hiroyasu Mitsui, Hisao Koizumi: Department of Science and Engineering, Tokyo Denki University

<sup>††</sup> Katsuhiko Seo: Genetec Corporation

<sup>†††</sup> Hidetoshi Kanbe: Mitsubishi Electric Corporation

## 2.1 ハードウェア/ソフトウェア協調設計

図 1 の①に示した工程では利用者が選択可能な機能パターンの作成及び、各機能の動作検証を行なう HW/SW 協調設計の流れを図 2 に示す。

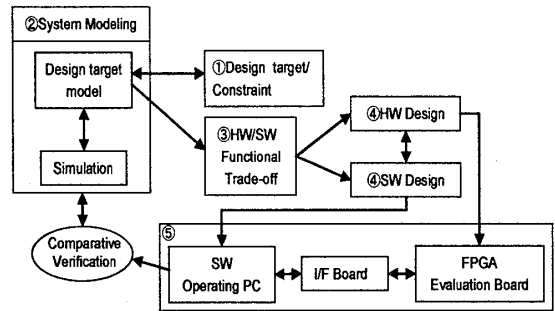


図 2 HW/SW 協調設計概略フロー

### ①設計目標/制約条件

システム構築における設計目標・制約条件などのシステム仕様を決定する。

### ②システムモデリング

設計対象モデルを作成し、シミュレーションと評価・チューニングを繰り返し、設計対象モデルを確定する。

### ③HW/SW 機能分担

②の結果と設計目標、制約条件を基に、HW と SW に機能分担を行なう。モデルや仕様に不具合が見つかった場合や、制約条件を満たさない処理などがあった場合は①、②の工程を再度試行する。

### ④HW/SW 設計

HW/SW 仕様を基にそれぞれ電子回路設計、プログラミングを行ない、HW 設計はネットリスト、SW 設計はオブジェクトコードを生成し、それぞれ FPGA、SW 動作 PC に書き込む。

### ⑤実時間での検証

FPGA 評価ボードと SW 動作 PC を、インタフェースボード経由にて連動させ、動作結果と①での結果とで比較検証し、各設計工程で改善を行なうことで、制約条件を満足する設計に近づけていく。

## 2.2 機能変換機構

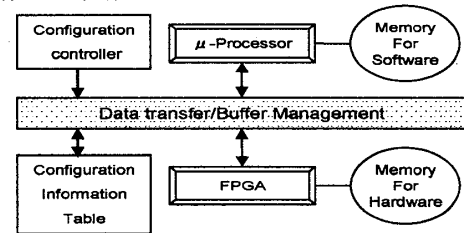


図 3 機能変換機構導入基盤

図 1 の②では製品出荷後に利用者が任意に機能を選択し、選択された機能を実現するようにシステム再構成を行なう。機能変換機構とは、①の工程での出力である機能情報を基にシステム再構成を行ない、機能変換を可能とする仕組みであり、本機構を導入する事で、ユーザの要求に柔軟に対応する組込みシステムを構築する。図 3 に示した機能変換機構導入基盤の構成要素を示す。

- HW/SW 機能パターンの情報を持つ構成情報テーブル
- HW/SW 機能情報を基に構成管理、任意なシステム再構成を行なう構成コントローラ
- HW 機能を実現する FPGA、機能情報保持のための HW 用メモリ
- SW 機能を実現する  $\mu$ -processor、機能情報保持のための SW 用メモリ

### 2.3 構成情報テーブル

構成情報テーブルはシステムを再構成・機能追加等行なう際に現状のシステム構成が必要となるため、現状のシステム構成(機能構成, HW/SW 構成)を管理する。それに加えて任意にシステム構成を保持するためにも用いる。以下に構成情報テーブルの構成を示す。

表 1 構成情報テーブル

Pattern	Func 1	Func 2	Func 3	Func N
1	A	B	C	D
2	A	B	E	F
⋮				
N	W	X	Y	Z

HW/SW 協調設計工程の出力である機能情報も表 1 と同じ構成であるが、それに加えて各パターンの I/F 情報を持っている。構成情報テーブルのパターン番号は格納した順番に付けられる。

### 2.4 構成コントローラ

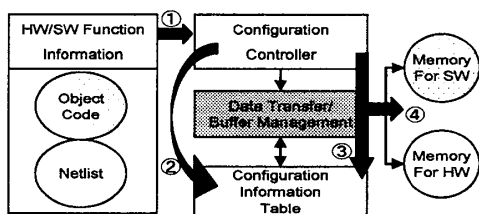


図 4 構成コントローラの動作フロー

図 4 を基に構成コントローラによる動作を示す。

- ①機能情報受信
- ②構成情報をテーブルへ格納
- ③構成コントローラより再構成制御
- ④各機能情報を基に HW は HW メモリ, SW は SW メモリへ配置

構成コントローラは HW/SW 機能パターン情報を基にシステムの構成管理、再構成制御を行なうものである。取得した情報における HW/SW 機能をそれぞれ SW 用メモリ, HW メモリにマッピングし、 $\mu$ -processor 又 FPGA により実現する。

### 2.4 機能変換動作

2.2, 2.3, 2.4 で示した機能変換機構(構成情報テーブル, 構成コントローラ)を組込んだシステムの機能変換動作を図 5 に示す。

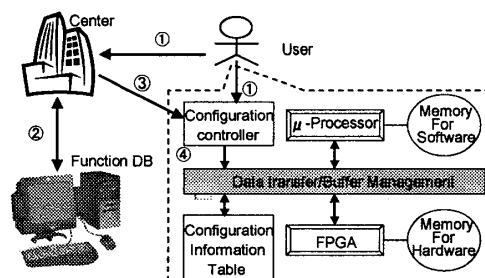


図 5 機能変換動作フロー

#### ①機能変更要求

システム利用者がセンターへ機能変更要求を送信又は構成コントローラに対して機能変更操作

#### ②機能検索

ユーザからの要求、現状のシステム構成に対応した最適な動作をする機能情報を機能データベースより検索し、センターに検索結果を返す

#### ③機能情報送信

②で返された機能情報と変更したシステム構成情報をユーザへ送信

#### ④構成コントローラによる再構成

図 4 に示した動作フローを基に構成情報の更新、システム再構成を行なう

## 3. 実装・評価

評価として構築した JPEG コーデックを図 6 に示す。

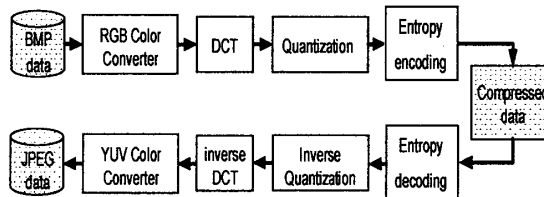


図 7 JPEG エンコーダ

まず、RGB 色変換システムを実装し、機能変換として DCT, 量子化, エントロピー符号化機能の追加を行ない、RGB 色変換→JPEG コーデックへのシステム再構成を行なった。そのシステムに対して BMP 形式(34.2KB)のデータを入力として与え、出力を確認した結果、画像データが 5.68KB に圧縮されて出力された。これにより、機能変換したシステムの動作確認をした。

## 4. まとめと今後の課題

本稿では、組込みシステムの HW/SW 再構成における機能変換機構について、それを実現する構成コントローラ、構成情報テーブルについて述べた。本稿では単一機能での評価を行なったが、今後の課題として複数機能を対象としたシステム再構成を進めていく。

### 参考文献

1. 情報処理推進機構:”組込みシステム開発のすべて”, 日本実業出版社, 2007
2. 末吉敏則, 天野英晴:”リコンフィギャラブルシステム”, オーム社, 2007
3. 大村正之, 深山正幸:”C/C++による VLSI 設計 SystemC による JPEG コーデック設計”, 共立出版, 2005
4. 永田和生, 原田英雄, 牛嶋和行, 久我守弘, 末吉敏則:”FPGA 遠隔再構成システムの設計と実装”, 信学論, vol.J90-D, no.6, pp.1357-1366, Jun. 2007