

ECU 組込み機器向けソフトウェア自動合成手法の開発

7D-7

和田 錦一, 稲森 豊, 手嶋 茂晴

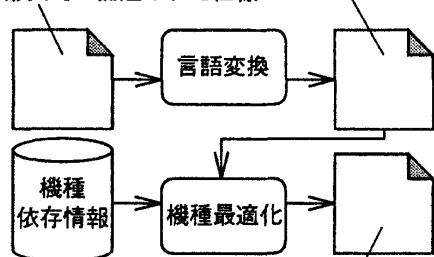
株式会社 豊田中央研究所 システム1部 ソフトウェア研究室

1 はじめに

近年、自動車や家電製品などに多用される ECU(Electronic Control Unit) の高機能化が進み、この ECU に実装される「制御プログラム」の開発支援技術が重要視されている。

そこで図 1 に示すような構成の、組込み機器向けのソフトウェア自動合成システムを考える。

機種依存部を隠蔽した C 言語ライクなプログラム
形式的に記述された仕様



ターゲット ECU 専用の C 言語ソースプログラム

図 1: 自動合成システム概念図

これは形式的な仕様から、一旦、ターゲット ECU に機種依存する部分を隠蔽した C 言語ライクなソースプログラムを生成し、後はこれに各ターゲット ECU に依存するコードを展開することで、製品に実装される ECU の、

- マイコンの処理能力が、制御対象の応答時間よりも十分に高速でない
- マイコンのメモリ容量が小さい

などの制約を考慮した C 言語レベルのソースプログラムを自動合成する、というシステムである。

本報告では機種依存する部分を隠蔽した C 言語ライクなプログラムの記述と、そこから機種依存情

報を反映しターゲット ECU 専用の C 言語プログラムへと展開する手法について重点的に述べる。

2 機種依存情報の隠蔽

2.1 機種依存情報

ターゲットとなる ECU 専用の制御プログラムはたとえ制御アルゴリズムが同じでも機種に依存する部分の情報が異なれば、その記述も変わってくる。表 1 に機種依存するような情報を示す。また、表 1 の情報と共にターゲット専用の C 言語ソースプログラムを生成するために必要な制御プログラム固有の情報を表 2 に示す。

表 1: 機種依存情報

I/O 入出力情報
メモリ容量

表 2: 制御プログラム固有の情報

関数	実行優先順位
変数	制御に必要な分解能
	物理的に取り得る変域

表 1 中の I/O 入出力情報はカウンタレジスタや A/D 変換器などの情報も含む。これらは制御プログラム中で変数として使うことを前提に、その型や更新周期、物理単位、この入出力による割込み機能の有無などの情報を有する。

表 2 中の関数の実行優先順位とは、ターゲットとなる ECU の処理能力が制御対象に対して十分に高速でない場合に、系を安定させるための各関数の実行順序である。

2.2 機種依存情報を隠蔽した C 言語ライクなソースプログラム

前節の表 1, 表 2 に示すような機種依存情報を全て隠蔽するための C 言語ライクなソースプログラムの記述方法を以下のように定義する。

関数の記述

関数には表 3 に示すような属性およびその値を持たせる。

属性	一定周期処理 または 事象駆動処理
値	一定周期処理: 実行周期 事象駆動処理: 実行条件

関数の定義および呼出しの記述方法は通常の C 言語と同じであるが、関数呼出しは実行順に記述し、関数への引数渡しはなしとする。これは、組込み機器向け制御プログラムに自動変数を多用すると、スタックオーバーフローなどのシステムエラーを引き起こす可能性があるためである。大域変数ならばデバッグ時にも活用可能である。

変数の記述

算術式や代入文における変数は、全て実数型の大域変数が宣言されているものとして記述する。つまり、変数がそこに存在するという以外何も意味を含まない。それゆえ変数の名前は全てユニークである必要がある。局所変数を想定しない理由は関数の記述と同じである。

3 ターゲット ECU 用 C 言語ソースプログラムへの展開

前節の C 言語ライクなソースプログラムからターゲット専用の C 言語ソースプログラムへと展開する方法について述べる。

関数の展開

製品の ECU で用いるマイコンには、大抵の場合、割込みやカウンタといった周辺機能が用意されている。関数呼出しに関しては、表 1 で利用可能な情報の許す範囲で、表 2 の情報から実行優先度の高い順に以下のような変更を施す。

事象駆動処理関数の場合は、それを実行させるための条件中に表 1 の I/O 入出力情報が利用され、かつそれが割込みに設定可能であればその関数を割込み発生時に呼出されるようにする。

一定周期処理関数の場合、その実行周期を表 1 の I/O 入出力情報から割込み設定可能なカウンタレジスタを割付ける。カウンタ更新周期に注意する。

つまり、機種依存情報として割込み機能が N 個許されるならば、事象駆動実行関数で優先度の高い順に N 個だけ割込み機能を利用するように割り付け、また、カウンタ割込み機能が M 個許されるならば、一定周期実行関数で、優先度の高い順に M 個のものをカウンタ割込み機能を利用するように割り付ける。

変数の展開

変数の実装は以下のように変更する。

- 変数の取り得る変域と必要な分解能から LSB の物理単位と変数の bit 数を決定し、変数の型を決定する
- 変数に関する演算に対して、LSB の物理単位の相互変換や、演算後のオーバーフローをチェックする
- 2 値変数はビットフィールド構造体にまとめる
- ライフサイクルの重複しない変数は共有変数化する
- 上記の変更をもとに変数の宣言を記述したヘッダファイルを生成する

以上のようにしてターゲット専用の C 言語ソースプログラムへと展開する。

4 まとめ

ECU を対象とした制御プログラム自動合成の要素技術として製品に実装される ECU に機種依存する部分を隠蔽するような C 言語ライクなソースプログラムの記述方法と、そこから機種依存情報をもとにターゲット ECU 専用 C 言語ソースプログラムを合成する手法を提案した。現在、本手法に基づく試作版の自動合成システムを開発中である。