

# e ラーニングシステムと実機シミュレーションの 連携による組込みソフトウェア学習支援

和宇慶 達也† 久保田 稔†

千葉工業大学†

## 1. はじめに

今後予想される、多様な組込みシステムソフトウェアの開発要求の増大に対応するために、それらを開発する技術者の養成が求められている。これを効率的に行うためには、コンピュータを活用した学習支援システムが有効である。しかし従来の e ラーニングシステムは、質疑応答形式が主体であり、実機(ターゲットシステム)を用いた組込みソフトウェアの開発の学習には不十分である。

そのため e ラーニングシステムプラットフォームとして Moodle を用いた実機との連携による学習支援システムの開発を行っている [1]。本システムでは学習者が学習用のプログラムを実機で動作させ、その動作の検証により学習を進める。

実機を用いた学習では、環境の整備や学習場所の制約がある問題があった。本稿では、e ラーニングシステムに CPU シミュレーション機能を組み込む手法について述べる。これにより開発場所の制約が緩和され、学習時間の短縮、学習への意欲の向上等の効果が期待できる。

## 2. Moodle と CPU シミュレーション機能の連携

CPU シミュレーションを組込みソフトウェアの学習に用いる従来のシステムでは、CPU シミュレーションはクライアントで行うものであった[2]。クライアントとは学習者が学習のために使用する PC である。本研究では既存の e ラーニングシステムと CPU シミュレーションの連携により、インターネットに接続されたクライアントからも利用可能とするソフトウェア学習支援システムを実装する。図 1 に開発した学習支援システムの構成を示す。上記を実現するために今回開発する Moodle 用のモジュールについて以下に示す。

### 2.1 CPU シミュレーション学習モジュール

従来は遠隔地の学習支援サーバでのクロスコンパイル環境を実装したが、本研究はそれに加え、学習支援サーバに CPU シミュレーション機能を

組み込む。学習者はクライアントにシミュレーションプログラムをあらかじめインストールする必要がなくなる。

また学習の効率化のため、学習用プログラムによる実機の動作を確認しやすくする必要がある。CPU の状態だけでなく、CPU ボードの出力用デバイスの状態(シミュレーション結果)を示すデータをファイルに出力する機能を提供する。

### 2.2 動作結果提出モジュール

監督者が学習者の作成した学習用プログラムが正しい動作をしたか確認したり、学習状況を把握するためにシミュレーション結果の提出が必要である。

シミュレーション結果を格納したファイルはブラウザでのみ閲覧するものであるため、学習者は直接操作せずに、学習支援システムに引き渡すものとする。本モジュールでは複数のシミュレーション結果の保有・管理する機能を提供する。

### 2.3 並列処理シミュレーションモジュール

近年並列処理を用いたシステムが多く製品化され、その概念の学習が必要になってきている。本研究では、そのような需要に対応し教材の幅を拡張する目的で並列処理の概念を学習するためのモジュールを実装する。複数の CPU の並列処理のシミュレーションを行う機能の作成をする。

### 2.4 シミュレーションインターフェイス

クライアント側では、ブラウザ上で動作するシミュレーションインターフェイスによりシミュレーション結果をアニメーションで表示する。この機能により、クライアント上でターゲットシステムの動作の再現が可能となり学習の効率化が図れる。

## 3. プロトタイプの実装

今回のターゲットは H8 マイコンボードに限定している。

### 3.1 CPU シミュレーション学習モジュール

従来のソースプログラムの編集、コンパイルと

Learning Support System for Embedded Software

†Tatsuya WAUKE, †Minoru KUBOTA

†Chiba Institute of Technology

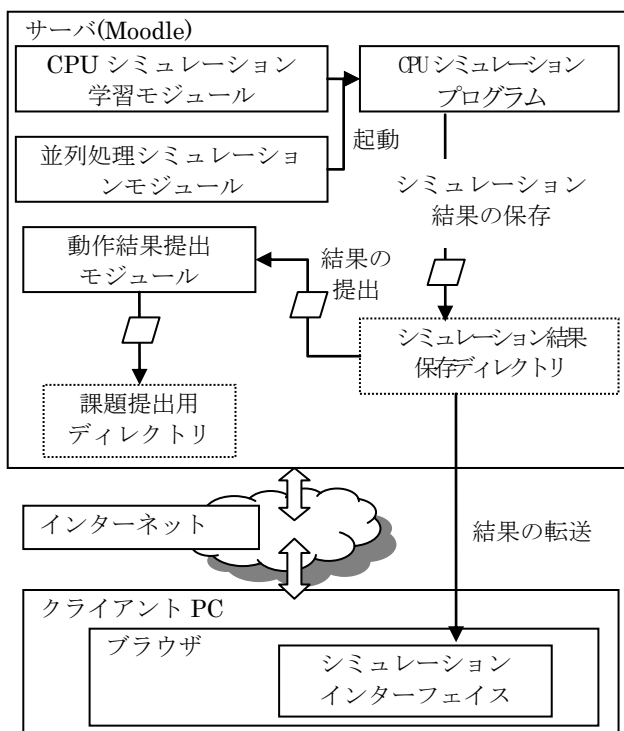


図1. 学習支援システム構成概要図

いう項目にさらにシミュレーションという項目を追加して実装する。サーバでのシミュレーションプログラムの制御には PHP から予め設定したシェルコマンドを起動し制御する。すでにクロスコンパイルに成功したソースプログラムをシミュレーションで用いるものとする。

CPU シミュレーションで主な出力データとして各クロックにおけるレジスタの値や、LED 等の入出力のタイミングをシミュレーション結果ファイルとして保存する。

### 3.2 動作結果提出モジュール

PHP で記述された既存の Moodle の課題提出モジュールを改良して実装する。シミュレーション結果ファイルは、学習者が直接操作できないようにしている。サーバに保存されているファイルを直接 Moodle の提出用ディレクトリに提出するように実装する。コンパイルもサーバで行われるためソースプログラムも同様にサーバに保存されているファイルを提出する。

### 3.3 並列処理シミュレーションモジュール

シミュレーションプログラム内に複数の CPU を仮想的に再現する各 CPU がどのタスクを処理しているのか、どのデータにアクセスしているのかも、出力できるようにする。このシミュレーション結果から並列処理の動作が確認ができるよ

うに実装する。

### 3.4 シミュレーションインターフェイス

本方式の入出力デバイスの表示を行うシミュレーションインターフェイスはクライアントのブラウザ上で動作する Java アプレットによって実装する。これを用いて、CPU のレジスタ値やタスク遷移などの CPU の状態と同時にシミュレーション結果の入出力をターゲットシステムの物理的イメージを示す画像の入出力部が変化するアニメーションで再現し確認できる。

シミュレーションが終了もしくは学習者が閲覧したい過去のシミュレーション結果を選択すると、自動的にシミュレーション結果を学習支援サーバからクライアントにダウンロードする。

問題点としてシミュレーション時間が長くデータ量が増大した場合、シミュレーション結果のダウンロードに時間がかかり、効率的学習の阻害になってしまう恐れがある。その対策として、シミュレーション計算が長すぎた場合、一定時間で打ち切り、シミュレーション結果の増大化を防ぐ。

## 4. まとめ

本稿では、e ラーニングとシミュレーションプログラムの連携による学習支援システムの提案・開発について述べた。実機のない環境でも組み込みシステムの実機を用いた学習と変わらない内容の実験を行うことができる。実験学習の場所や時間の自由化、実機の調達コストの削減が可能となる。

今後、実際に組み込みソフトウェアの未体験者に対して本学習システムの利用をしてもらい評価考察を行う。随時変化する需要の高いターゲットに適應するために異なる CPU にも容易に対応する方式の検討を行う。シミュレーション結果の増大化に対してはシミュレーション中にもデータの転送をさせるなど検討している。今回は対象外としたがネットワーク機能のシミュレーションの実現についても検討を行う。

## 参考文献

- [1] 有藤俊, “e-ラーニングと実機の連携による学習支援システム”, FIT2009, C-018.
- [2] 下川 智士, 西野 洋介, 早川 栄一, “システムソフトウェア教育支援環境「港」における FPGA を利用した演習環境の開発”, 信学技報, 教育工学(ET), 102(697), 7-12, 2003.