

デバイス制御を備えた SH-3 シミュレータの開発

川口貴弘ⁱ 西野洋介ⁱⁱ 早川栄一ⁱⁱⁱ

拓殖大学 工学部 情報工学科^{i,iii} 拓殖大学 大学院 工学研究科ⁱⁱ

ocha@os.cs.takushoku-u.ac.jpⁱ hayakawa@cs.takushoku-u.ac.jpⁱⁱⁱ

1. はじめに

近年、組み込みシステムの需要が増加しており、組み込みシステムに携わる技術者が必要となってきた。これに伴い、技術者に対するスキル向上や人材の育成が重要となっている。

組み込みシステムの学習方法として、実機を用いた学習とシミュレータを用いた学習が考えられる。実機を用いた学習の場合、動作の動きが目に見えて確認でき、学習者が興味を持ちやすい。その反面、動作の再現が難しく、検証したい動作環境を作り出すためには手間が掛かる。またシミュレータを用いた学習の場合、動作の再現が容易であり、同じ環境で何度も動作の検証ができる。その反面、実時間での処理が困難であり、動作のイメージがつきにくい。

これらの問題をふまえ、学習に実機とシミュレータを単体で利用するのではなく、連携させることで互いの不足分を補うことができると考えた。

そこで本報告は、仮想デバイスを用いたシミュレータによる組み込みシステム学習環境の開発を目的とする。本環境は、本研究室で行われている実機を用いた学習環境^[1]と連携することで、上述した問題点を解決できる。

2. 特徴

(1) 実機を用いた学習環境との連携

本研究は、ロボットを用いた組み込みシステム学習環境^[1]と連携して行う。実機を用いた学習環境からデータログを読み込めるようにすることで動作の再現を可能にする。このデータログはタイムスタンプとセンサ値から成り立っており、タイムスタンプを用いてセンサ値を入力するタイミングを決定する。

また、ロボットの制御を行っている教育用組み込み OS を動作させる必要がある。そこで第一段階として、この教育用組み込み OS が動作可能となる環境を実現する。

さらに、本研究はロボットを用いたシステムソフトウェア教育支援環境「港Ver.R」^[2]の一環として行っている。このプロジェクトは、可視化ツール、教育用組み込み OS、ロボット、デバックツール、シミュレータで構成されており、ロボットを教材として利用し、組み込みシステムについて概念学習から実装学習まで統合的に教育支援を行うことを目的としている。この環境においてシミュレータを用いて学習することで組み込みシステムにおける実装学習を行うことができる。

(2) 仮想デバイスによるデバイスアクセスを提供

組み込みシステムにおいて、外部からの情報を得るためのデバイスの制御はなくてはならないものである。

そこでロボットに用いられているデバイスを仮想デバイスとして実装することでデバイスへのアクセスを可能にし、ユーザが任意にデバイスの値を設定することができるようにする。これにより、実機から得られるデータログを取得できるようにし、実機との連携を図ることができる。

3. 全体構成

本システムは、TCP/IP を介してテキストベースのコマンドをやり取りすることで操作する。データログの取得もコマンドの一つとして行う。クライアント側では、ユーザから入力された操作コマンドを解析し、サーバ側に送信する。サーバ側では、受け取ったコマンドを解析し、処理を実行する。処理を実行した後、クライアント側に処理が終了したことを伝える。

また、本システムの動作は内部クロックを用いて制御し、同期を取ることで実機との時間の整合性をとる。

本システムの全体構成を図 1 に示す。

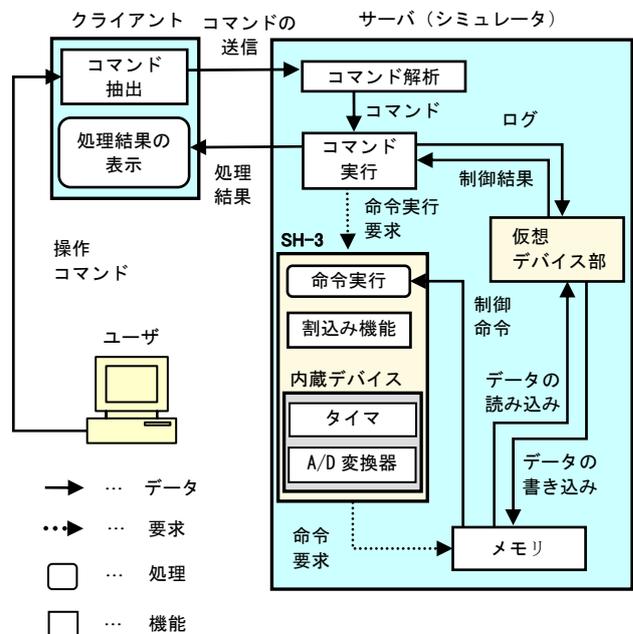


図 1 全体構成

4. 設計

4.1 サーバ側

サーバ側では仮想デバイス部、SH-3 部、コマンドの解

析・実行部を実装する。

(1) 仮想デバイス部

ロボットの制御に用いられているデバイス類を仮想デバイスとして実装する。ロボットの制御には、入力デバイスとして可視光センサ、赤外線センサ、タッチセンサ、出力デバイスとしてモータが使用されている。これらのデバイスを仮想デバイスとして実装することで実機から得られるデータログを読み込むことが可能となる。

(i) 入力デバイス部

入力デバイス部では、実機から得られるデータログを読み込むことができるようにする。タイムスタンプを利用し、センサ値の入力タイミングを実機と合わせることで、検証したい動作環境を作り出せるようにする。

(ii) 出力デバイス

出力デバイス部ではプログラムに実行により変化したモータの状態をクライアント側で確認できるようにする。モータの動きは GUI を用いて学習者に対し、どのように動いているかのイメージづけをする。

(2) SH-3 部

SH-3 部ではロボットの制御に用いられている教育用組込み OS がシミュレータ上で動作できる環境を実現する。教育用組込み OS をシミュレータ上で動作させ、仮想デバイスを制御することで動作の再現を行うことができる。

(i) 命令セット

SH-3 には合計 68 種類の命令が実装されている。しかし、実際に使用される命令はその中の一部である。そこで、本研究では教育用組込み OS の実行に必要な命令セットを優先的に実装する。必要となる命令セットは実際に OS をコンパイルし、使用されている命令セットを確認する。

(ii) 割り込み機能

データログを読み込むためにはタイマと A/D 変換器による割り込みが必要となる。そこでタイマと A/D 変換器による割り込みをコントロールするために必要なレジスタの実装、割り込みによるサブルーチンへの分岐処理を行う。

割り込み機能にはこの他に例外処理、NMI 割り込みがあるが、本システムでは命令実行の際必要となる例外処理、タイマと A/D 変換器による割り込みが分類される一般割り込みの処理を実装する。

(iii) タイマ

タイマは教育用組込み OS スケジューラに用いられている。またこの OS は学習者がコードを読み書きすることで組込みシステムの学習するものなので、タイマを利用できるようにすることで学習者が自由に OS の書き換えを行うことができるようにする。タイマのカウントは内部クロックを利用し、命令実行時とメモリアクセス時にカウントを行う。

(iv) A/D 変換器

実機から得られるデータログのうち、可視光センサの値は 8 ビットで表されている。そこで、A/D 変換器を実装し、可視光センサ値を読み込めるようにする。

4.2 クライアント側

クライアント側では、読み込むデータログの選択、シミュレータの操作、サーバ側で行われた処理の結果表示を行う。

5. 実現

(1) 実現規模

本システムは C 言語を用いて構築した。構成部分とソースコードの実現規模を表 1 に示す。

表 1 システムの実現規模

構成部分	ソースコードの行数(行)
命令実行部分	2794
例外処理部分	121
操作コマンド部分	1830
通信部分	52
合計	5269

(2) 動作比較

実機上と本システム上で同じプログラムを動作させたときの一命令あたりの実行時間を比較した。処理時間の結果を表 2 に示す。

表 2 実行時間の比較

実機 (μs)	本システム (μs)
0.0551	8.41

この結果より、実機上と本システム上では一命令あたり、約 160 倍の処理時間のずれがあることがわかった。

(3) 実行画面

本システムの実行画面を図 2 に示す。

```
$ sh3sim
connect to IP : 127.0.0.1, PORT : 12350
PC : 00000300 SR : 700000f0
MD:1 RB:1 BL:1 M:0 Q:0 S:0 T:0
SFC : 00000000 SSR : 00000000 GER : 00000000 VER : 00000000
PR : a0000000 MACH : 00000000 MACL : 00000000
R0 : 00000000 R1 : 00000000 R2 : 00000000 R3 : 00000000
R4 : 00000000 R5 : 00000000 R6 : 00000000 R7 : 00000000
R8 : 00000000 R9 : 00000000 R10 : 00000000 R11 : 00000000
R12 : 00000000 R13 : 00000000 R14 : 00000000 R15 : 00000000
R0_BANK : 00000001 R1_BANK : 00000002 R2_BANK : 00000003 R3_BANK : 00000004
R4_BANK : 00000005 R5_BANK : 00000006 R6_BANK : 00000007 R7_BANK : 00000008
>| os.mot
START = 8c300200
load SREC file from [os.mot] (12651 bytes).
load symbol tabel from [os.mot]
>g 8c300200

RTC clock is 2003/06/10 03:15:26
mac addr:88:13:00:80:10:49

kernel command line = console=ttySC0,115200 root=/
dev/nfs nfsroot=172.16.4.60:/home/kawa/cat709/base
ip=172.16.4.100:172.16.4.60:172.16.4.1:255.255.25
5.0:supercat

OS
boot ... sci
Embedded OS ver. 0.22

fp size: 3
time: 510
```

図 2 実行画面

6. おわりに

本報告では、教育用組込み OS の動作に必要な命令セットの実装と例外処理の実装を行った。今後の課題を次に示す。

- (1) 設計における未実装部分の実現
- (2) ロボット GUI の作成
- (3) ログ生成機能の作成

参考文献

- [1] 田中裕樹 ほか：「ロボットを用いた組込みシステム学習環境の開発とデバッグツールの開発」, SWEST7, 2005, p.24 - 30
- [2] 「港 Ver.R」プロジェクト：
<http://edo.cs.takushoku-u.ac.jp/~minato>