

組込みシステムオープン・プラットフォームの構築とその実用化開発

堤 大祐, 堀 武司, 山本 寧

Development and Practical Application of Open Platform for Embedded Systems

Daisuke TSUTSUMI, Takeshi HORI, Yasushi YAMAMOTO

抄 録

組込みシステムではシステムの制御を担うソフトウェアが中核要素となっている。近年の組込みソフトウェアの大規模化・複雑化によりソフトウェア開発量が増大しており、企業の競争力向上のためには、組込みソフトウェアの開発工程の効率化による開発期間短縮化が求められている。

組込みソフトウェアを含む組込みシステムの開発の効率化、開発期間の短縮化、開発コストの低減化をもたらすために、経済産業省の委託事業「地域新生コンソーシアム事業」を名古屋大学、宮城県産業技術総合センターなど全国の産学官13機関が共同で行った。北海道立工業試験場ではこの中で、画像センサ用デバイスドライバなどを開発し、画像応用評価システムの商品化に至ったので報告する。

キーワード：組込みソフトウェア、組込みシステム、リアルタイム OS、ミドルウェア、プラットフォーム

Abstract

About the development of embedded systems and/or embedded software, short-TAT and efficiency are required. The software parts which are common and re-usable are developed with Nagoya University, Industrial Technology Institute Miyagi Prefectural Government and etc, totally 13 organizations.

KEY-WORDS： Embedded Software, Embedded System, Real-time OS, Middle-ware, Platform

1. はじめに

組込みシステムではシステムの制御を担うソフトウェアが中核要素である。近年、組込みソフトウェアの大規模化・複雑化によりソフトウェア開発量が増大しており、企業の競争力向上のためには、組込みソフトウェアの開発工程の効率化による開発期間短縮化が求められている。

一般に、組込みシステムのソフトウェア開発では、応答性を重視したOS(リアルタイムOS)が用いられる。ソフトウェア開発の複雑化・大規模化に伴い、OSの他にも、OSとアプリケーションの中間に位置する各種の「ミドルウェア」、実装するLSIをOSの機能を用いて動作させる各種の「デバイスドライバ」など広範囲なソフトウェア部品の開発が必要となっている。

組込みシステムの開発の効率化、開発期間の短縮化、開発コストの低減化のため、経済産業省の委託事業である地域新生コンソーシアム事業「組込みシステムオープン・プラットフォームの構築とその実用化開発」¹⁻²⁾を名古屋大学、宮城県産業技術総合センターなど全国の産学官13機関が共同で行った。

2. 地域新生コンソーシアム事業

2.1 オープン・プラットフォームの構築の必要性

組込みソフトウェア分野では、日本で開発されたITORN仕様のリアルタイムOSを用いた開発が40%以上³⁾となっている。しかし、開発された組込みソフトウェアが個々の企業

内のみで使用されている場合が大半のため、ソフトウェア設計資産の再利用が進まず、国内での組み込みソフトウェアに対する重複投資が多くなっている。特に経営資源の乏しい地域企業にとっては、設計開発工程の効率化や期間短縮化のため、共通で利用できるソフトウェア、再利用できるソフトウェアの活用が必要となっている。

組み込みソフトウェアは図1に示すように、ハードウェアやソフトウェア全体を管理するリアルタイム OS などの基本ソフトウェアとハードウェアを制御するデバイスドライバやミドルウェアなどのソフトウェア部品、製品ごとの固有なアプリケーション・ソフトウェアから構成される。基本ソフトウェア、ミドルウェアは共通で利用できれば、開発期間の低減など開発効率の向上が可能となる。

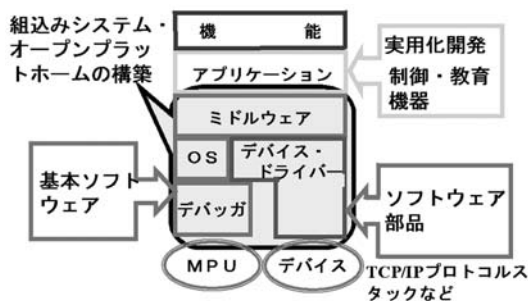


図1 開発内容

2.2 開発内容と開発体制

本事業は、図1に示すように3つのサブテーマから構成される。各サブテーマの詳細を以下に示す。

① 「組み込みシステムの基本ソフトウェア開発」

組み込みソフトウェア開発において、リアルタイム OS、デバッグなど最も基本となるソフトウェア資産である。

具体的には各種のCPU毎にカスタマイズしたリアルタイム OS、デバッグ、統合開発環境等の基本ソフトウェアを開発する。

なお、基本ソフトウェア開発において、名古屋大学高田広章教授らが開発した TOPPERS/JSP カーネルを技術シーズとした。本カーネルは、 μ ITRON 仕様4.0に準拠したリアルタイム OS のカーネルであり、NPO 法人 TOPPERS プロジェクトの HP からダウンロードできる*。

② 「組み込みシステムのソフトウェア部品の開発」

再利用可能な次の機能を提供する。TCP/IP プロトコルスタック、画像圧縮/伸張等のミドルウェア、Ethernet デバイス、GPIB デバイス等のデバイスドライバ等の組み込みシステムで多用されるソフトウェア部品を10種類以上開発する。

* <http://www.toppers.jp>

③ 「組み込みシステムへのソフトウェア資産の応用化・実証化開発」

開発したソフトウェア資産を地域企業が開発する組み込みシステムに実際に適用し、その有効性を検証する。適応分野は、通信機器分野、制御機器分野、計測機器分野、汎用/教育機器分野であり、幅広い分野での応用化・実証化を行なう。

組み込みシステムの開発において、基本ソフトウェアとソフトウェア部品はアプリケーション・ソフトウェアに依存しない部分であり、共通に利用できるものである。本事業ではこれら共通に利用できるソフトウェアの開発を行うことを組み込みシステム・オープンプラットフォームの構築という。

この組み込みシステム・オープンプラットフォームの構築には広範なソフトウェア資産を開発する必要があるため、宮城県産業技術総合センター、福島県ハイテクプラザ、名古屋市工業研究所、北海道立工業試験場の4公設試と仙台電波高等専門学校、苫小牧高等専門学校、名古屋大学との広域連携を形成して開発し、企業は開発したソフトウェア部品を活用して製品開発を行った。開発体制を図2に示す。

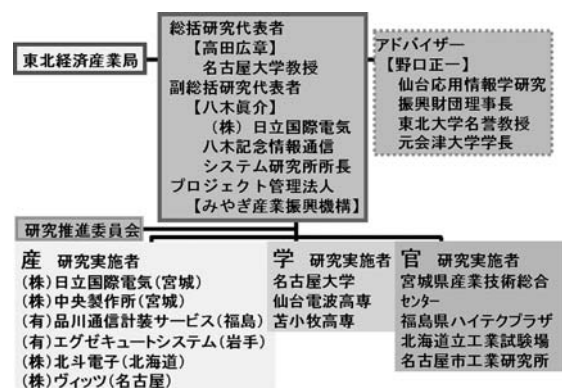


図2 開発体制

2.3 北海道立工業試験場の役割

北海道立工業試験場では従来よりリアルタイム OS の開発をはじめ、組み込みシステムの開発を行っており、多くの技術蓄積がある。この技術蓄積をベースとして、Renesas Technology 社製 CPU SH2 (以下、SH2) 用 TOPPERS/JSP カーネルと今後普及が見込める画像応用評価システムの開発を行った。

北海道立工業試験場では以下に示す基本ソフトウェアとミドルウェアの開発を行った。

- SH2 用機種依存部とデバッグ環境の開発
TOPPERS/JSP カーネルを SH2 で動作させるためのハードウェア依存部分とデバッグ環境の開発。
- カメラデバイスドライバの開発
カメラとマイコンボードを接続するインターフェース回路の開発。

カメラのパラメータを制御するドライバソフトウェアの開発。

画像データの取得およびインタフェース回路の制御ドライバソフトウェアの開発。

3. Ethernet デバイスドライバの開発
TCP/IP プロトコルスタックを動作可能にするために必要な Ethernet デバイスドライバの開発。

3. SH2 用機種依存部とデバッグ環境の開発

3.1 機種依存部の開発

リアルタイム OS は多様なプロセッサに対応できるようにカーネルと呼ばれる共通な部分と周辺部と呼ばれる CPU ごとに異なる部分から構成される (図 3)。

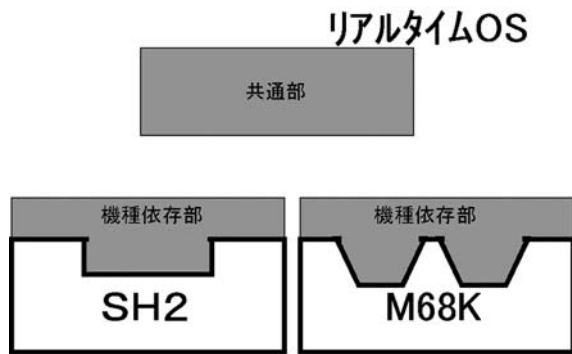


図 3 リアルタイム OS の構成

図 3 のように機種依存部を CPU ごとに作成することで、リアルタイム OS を多様な CPU に対応させることができる。今回、ターゲットボードとして SH7145⁴⁾ を搭載したアルファプロジェクト製 AP-SH2F-6A (図 4) と SH7615⁵⁾ を搭載した北斗電子製 HSB7615IT (図 5) の 2 種類の SH2 CPU ボードを対象とした。

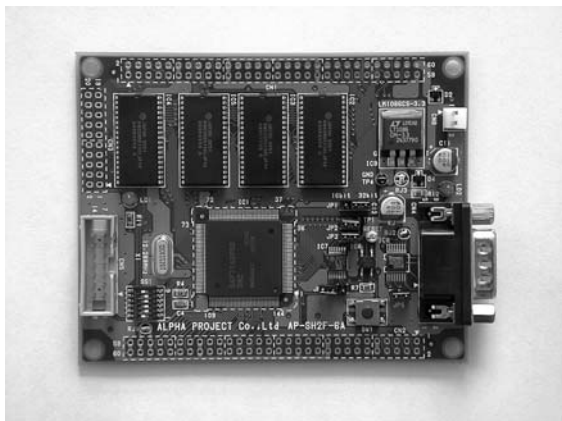


図 4 開発に使用した SH7045 ターゲットボード

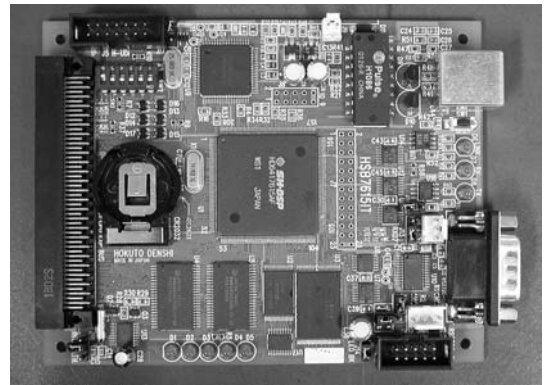


図 5 開発に使用した SH7615 ターゲットボード

3.1 デバッグ環境の開発

アプリケーションソフトウェアの開発手順として、JSP カーネルと機種依存部とアプリケーションソフトウェアを GCC を用いてコンパイルする。コンパイルによって生成されたオブジェクトをターゲットにダウンロードする (図 6)。

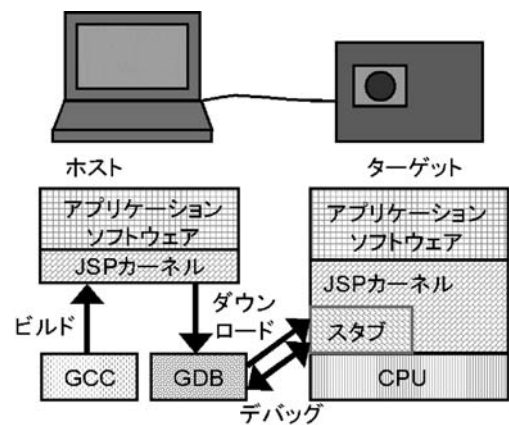


図 6 アプリケーション・ソフトウェアの開発

ターゲットにロードした後、アプリケーションソフトウェアをターゲット CPU 上でデバッグ作業を行う。デバッグ作業にはプログラムを一時停止させたり、メモリの内容を変更したりして、アプリケーションソフトウェアの不具合を修正していく。このとき、オープンなソフトウェアである GDB (GNU デバッガ) を用いて、デバッグ作業を行うため、ターゲット CPU と GDB をインターフェースするデバッグプログラム (スタブ) を用いる。スタブは SH2 以外の CPU には対応しており、リアルタイム OS と同様に、基本的に共通な部分と機種依存部に分けて開発されている。本研究ではこのスタブにおいても機種依存部を開発した。

3.3 ホームページを活用した成果の普及

SH2 の機種依存部、デバッグ環境の開発により、TOPPERS/JSP カーネル 1.4 が産業分野で広く使われている SH2 で動作可能となった。また、SH2 用のデバッガ (スタブ)

を開発したことにより、GDBを用いてアプリケーションをデバッグすることが可能になった。また、Linux、GCCと今回開発したSH2用 TOPPERS/JSP カーネル 1.4 により、オープンなソフトウェアを用いて、組み込みシステムのアプリケーション開発を行えるようになった。

GCC など開発環境に必要なソフトウェアはインターネットでダウンロードして使用できる。また、開発したSH2用機種依存部は北海道立工業試験場のホームページ上で公開している** (図7)。

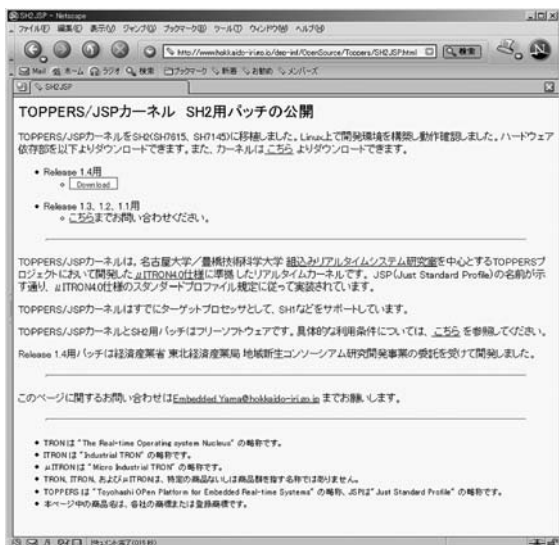


図7 公開中のホームページ

4. カメラデバイスドライバの開発

4.1 開発の必要性

カメラを応用したシステムは急速に普及しており、産業用画像計測分野のみならず、監視などセキュリティ分野にまで広く用いられている。小型化されたカメラをはじめ処理能力の高いRISCタイプCPUの低価格化が、その大きな要因と考える。しかし、カメラを応用したシステム開発を行う場合に、必要なソフトウェアは非公開となっている場合が多く、評価用のハードウェアも少ないのが現状である。

本事業において、TOPPERS/JSP カーネルを用いて、カメラ及びカメラ接続回路を含むカメラデバイスの制御、画像データをバッファリングするためのメモリ管理機能、アプリケーション・ソフトウェアとのインターフェースなどを提供するオープンなソフトウェアの開発を目的とした。カメラデバイスドライバの開発に加えて、外部ネットワークと接続するためのEthernetデバイスドライバの開発を行い、共同研究機関が開発するCPUボードに搭載して、画像応用評価シ

** <http://www.hokkaido-iri.go.jp/dep-inf/OpenSource/Toppers/SH2JSP.html>

ステムの構築を図った。評価システムのハードウェア構成を図8に、ソフトウェア構成を図9にそれぞれ示す。図9において本研究で開発する部分を着色した。

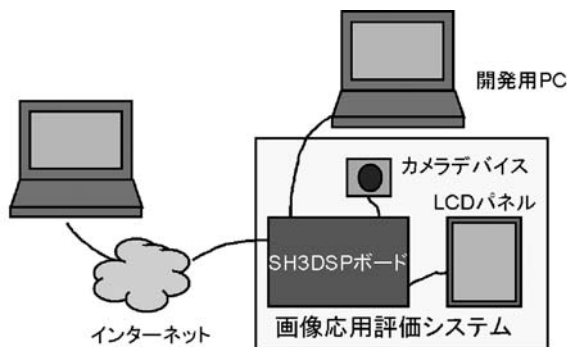


図8 評価システムのハードウェア構成

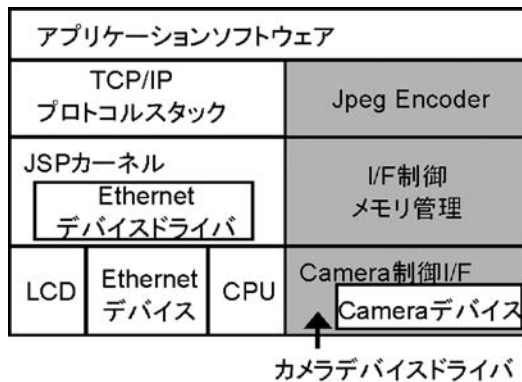


図9 評価システムのソフトウェア構成

4.2 カメラデバイスドライバの機能

カメラデバイスドライバはカメラデバイスから撮像データを取得し、バッファリングのためにメモリを管理し、標準的な画像フォーマットに変換してアプリケーション・ソフトウェアにバッファメモリを割り当てる処理を行う。開発したカメラデバイスドライバは1) カメラ IF、2) カメラ IF 制御ソフトウェア、3) JPEG エンコーダから構成される。

4.2.1 カメラ IF

カメラ IFはカメラデバイスとCPUとのデータ幅およびタイミングを調整する機能を有し、高速化を図るため、PLD (Programmable Logic Device)を用いてハードウェア処理する。撮像データはCPUへDMA (Direct Memory Access) 転送を行う。カメラデバイスには三菱電機製のCMOSイメージセンサ[®]を使用した(図10)。PLD回路の設計ではアルテラ製のMAXPlusを使用した。カメラIFの構成を図11に示す。

4.2.2 カメラIF制御ソフトウェア

カメラIF制御ソフトウェアはDMAC (DMA Controller)