

組み込み技術を用いたシステムの開発

—安価で信頼性の高い中小企業向け情報収集システムの開発—

阿部 正人・平川 寛之・布施 嘉裕・清水 誠司

Development of a device for medium and small enterprises which collects various data with cheap and high reliability

Masahito ABE, Hiroyuki HIRAKAWA, Yoshihiro FUSE and Seiji SHIMIZU

要 約

中小の製造業が短納期化・低コスト化・高品質化へ要求に応え高い競争力を維持するためには、製造現場へのITの導入により製造の効率化を図ることが重要である。本研究では生産現場を容易にIT化する情報収集システムを開発することを目的としている。平成17年度はシステムを構築するための要素技術（デバイスドライバ、開発環境の移植等、クラスターサーバ）の開発を行い、システムの構築と動作確認・評価を行ったので報告する。

1. 緒 言

国内の中小企業が競争力を維持・強化し、厳しい国際競争、地域間競争の中で勝ち残るには、海外産地では対応できない高品質化、小型化、新素材化等の技術の高度化や、小ロット、短納期化のニーズへの対応などが不可欠である。そして、これらを支えていくのが組み込み技術を始めた製造現場へのITの導入や活用技術である。特に組み込み技術は、携帯電話、自動車、電話機等身の回りの多くの製品に取り入れられており、今や日本の産業を支える屋台骨となってきている（表1）。

経済産業省が平成17年6月に発表した2005年版組み込みソフトウェア産業実態調査報告書では、組み込みソフトウェア技術者数を17万5000名と推定しており、これは2004年版の調査結果に基づく推定値15万人に対して17%増加した数値となっている。また製造業に対する組み込みシステム産業関連企業従業員の比率を48%と推定し、組み込みシステム関連産業の生産高は約51兆円、これらの開発費を5兆9,000億円、さらに開発費の約41%をソフトウェア開発費とすると組み込み関連のソフトウェア開発規模は約2兆4,000億円という規模を算出し（表2）、今後もこの比重は一層高まるものと予測される。

表1 組み込み技術の応用例

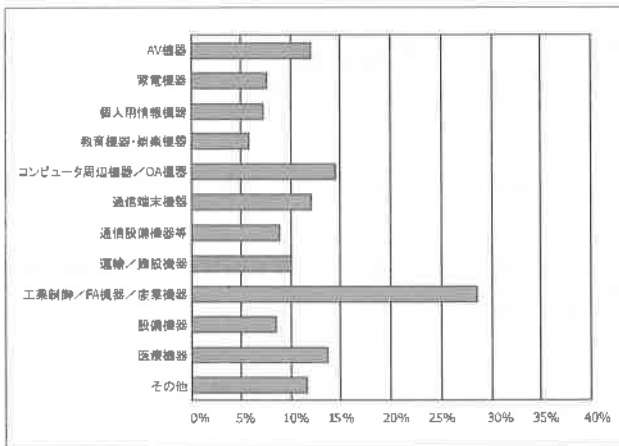
製 品	組み込みシステムの機能
家電機器	
冷蔵庫	温度指定、殺菌、インバータ制御
洗濯機	トルク制御、雑音制御、乾燥度制御、省電力
エアコン	風量、温度、方向制御
AV機器	
テレビ	デジタルテレビ、インターネット接続、デジカメ連動
DVD	DVD/HDD録画・再生
デジタルカメラ	撮影モード、編集機能、感度制御
OA機器	
デジタル複合機	プリント+FAX+スキャナ融合、ネットワーク
産業機器	
エレベータ	速度制御、郡管理、コミュニケーション
通信機器	
携帯電話	インターネット接続、カメラ

経済産業省「組み込みソフトウェア産業実態調査」より

表2 組み込み関連の産業規模

項目	2004年	2005年
組み込みソフトウェア技術者数	150,000 (人)	175,000 (人)
組み込みシステム生産高	50兆 (円)	51兆 (円)
内 組み込みシステム開発費	5兆 (円)	5兆9,000億 (円)
内 組み込みソフトウェア開発費	2兆 (円)	2兆4,000億 (円)

経済産業省「組み込みソフトウェア産業実態調査」より



経済産業省「組み込みソフトウェア産業実態調査」より

図1 開発している応用製品のカテゴリー

さらに2004年版の同実態調査報告書によると、調査を行った企業が開発している応用製品は、工業制御/FA機器/産業機器が30%弱と最も多くの割合を占めていると報告されており（図1）、製造業が最重要なターゲットであり、製造業のIT化を図る上で大きな役割を果たしていることが伺える。

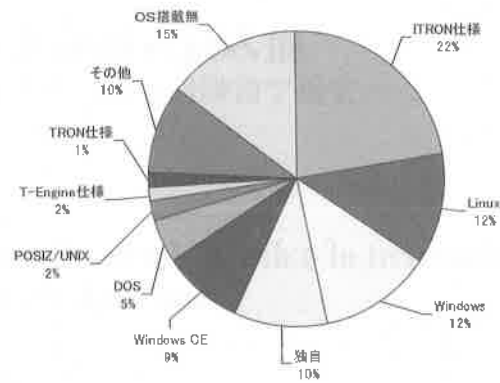
日本の産業を支える組み込みシステムではあるが、その歴史は決して短くなく、従来より様々な機器にマイクロコントローラとして組み込まれて来ていた。特にここ数年急速に注目が集まってきた理由は、CPU性能が大幅に向上し、それに伴いソフトウェア機能も向上し、従来不向きとされていた高度で複雑なオペレーションが可能になってきたからといえる。

2. 開発コンセプト

著者らは組み込みシステムに注目し、平成16年度は組み込み技術を応用して宝飾品展示時に高度なセキュリティを保つ宝飾品展示用セキュリティボックスの開発を行った。平成17年度は組み込みシステムの新たなソフトウェア技術の蓄積を図るとともに県内中小企業の製造現場で導入でき生産現場の効率化を図るための装置（情報収集システム）の開発を行うこととした。

2-1 組み込みソフトウェア技術

組み込みシステムに最もよく搭載されているオペレーティングシステムはITRON仕様のものである（図2）、そこで本研究でもオペレーティングシステムはITRON準拠であるToppersを実装することとし、CPUは組み込みシステムによく使用されているCPUのひとつであるルネサステクノロジー社製のH8シリーズマイクロコンピュータを使用することとした。さらにデバイスドライバ・ミドルウェアについては、通信プロトコル（TCP/IP）や液晶表示装置を駆動するドライバ、USBを使用するため



経済産業省「組み込みソフトウェア産業実態調査」よりデータ抜粋

図2 組み込みシステムに搭載されているOS

のインターフェース等関連技術のソフトウェア開発を行うこととした。

2-2 情報収集システム

2-1で開発を行った組み込みソフトウェア技術の応用として、県内中小企業の製造工程の効率化を図ることを目的に、NC工作機械等に組み込み温度や湿度、加工の様子、進捗度等をモニターする子機（情報収集端末装置）と、イーサネットや無線LANによりその情報を収集・分析する親機（クラスタサーバシステム）を試作することとした（図3）。

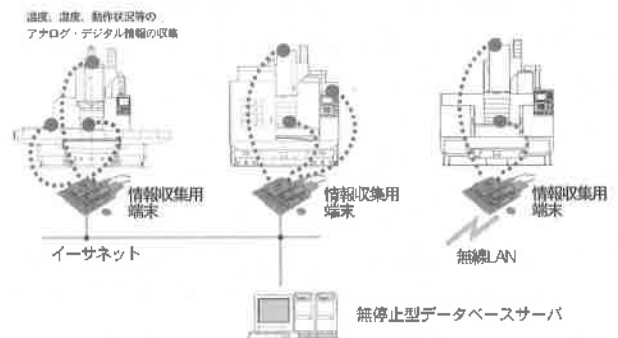


図3 情報収集システム概要図

3. 開発したシステムについて

3-1 情報収集端末

3-1-1 開発環境

今回、情報収集端末プラットフォームとして用いたAki-H8/3052FはCPUにH8/3052Fを搭載している。組み込みシステムの開発では、実機上ではメモリ等のシステムリソースが十分でないため、パソコン等にクロス開発環境を整備することが一般的である。今回は開発コストを抑える観点からGNUの開発ツールをパソコン上に整備した。具体的には以下の通りである。

- ・Cコンパイラ GCC-3.2.2 (GNU Compiler Collection)
- ・バイナリユーティリティ
 - Binutils-2.14
- ・デバッガ gdb-5.2.1
 - gdb-stub
- ・標準Cライブラリ
 - newlib-1.13

gccについては本稿執筆現在の最新バージョンは4.1.0である。通常、バグフィックスの観点からソフトウェアは最新バージョンを用いることが推奨されるが、gccではバージョン毎に機能の拡張・削除が繰り返されており、今回はTOPPERSで実績のある3.2.2を用いることとした。また、gdbについても最新版は6.3であるが、リモートデバッグでブレークポイント用の置き換え命令の選択にバグがあるため、動作実績のある5.2.1を用いることとした(図4)。いずれのツールも開発の利便性からWindows上で動作可能となるよう工夫した。

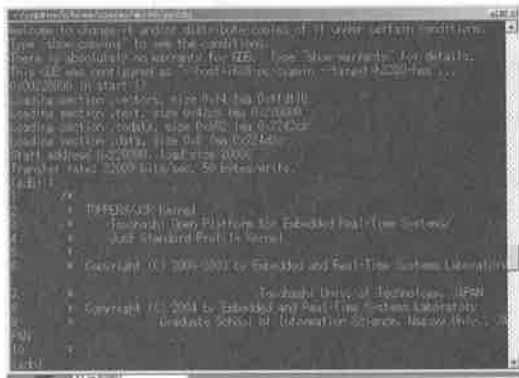


図4 gdb (デバッガの動作例)

3-1-2 開発したソフトウェア

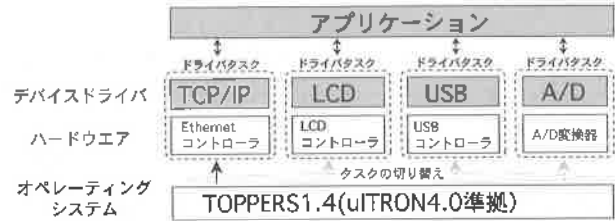
3-1-2-1 オペレーティングシステム

情報収集端末では、USBやEthernetなど様々なハードウェアを動作させる必要があるため、開発コストを軽減させるためにOSを導入することとした。今回、選択したのは組み込み分野で定評のある μ ITRON仕様準拠のTOPPERS (Toyohashi Open Platform for Embedded Real-time System) のバージョン1.4とした。このOSはGPL (GNU Public Licence) もしくはTOPPERSライセンスで配布されるオープンソースソフトウェアである。バージョン1.4ではH8/3052Fをサポートしていないが、この点については移植作業を実施した。

3-1-2-2 デバイスドライバ

アプリケーションがハードウェアにアクセスする際に、その中間でデータの振り分けやハードウェアの管理を行うソフトウェアをデバイスドライバと呼ぶ。 μ ITRON仕

様のOSではデバイスドライバはタスクもしくは共有ライブラリとして実装するのが一般的である(図5)。今回は以下のドライバについて開発・評価を行った。



※網掛け部分が開発した部分。

図5 TOPPERS上で動作するデバイスドライバの構成

・LCDドライバ

AkiH8-3052Fのマザーボードに付属する液晶表示器(16x2)をドライブする。

・USBドライバ

USB1.1仕様に対応したUSBコントローラ(USBN9604)用のドライバ

・Ethernet, TCP/IPドライバ (TINETの移植)

Realtek RTL8019AS (NE2000互換)用のドライバの移植と評価

・ADCの利用

H8/3052F内蔵のAD変換器のドライバ

・その他

3-2 クラスタサーバ

データの保管・整理を行うためのサーバとして、高い信頼性と容易な操作性を実現するため、PCサーバ2台とオープンソースソフトウェアを用いたクラスタシステムを構築した。

今回、使用したソフトは、

- ・drbd ~ ネットワークを用いたディスクミラーリング
- ・heartbeat ~ システムの動作状況の監視、サーバの切り替え等

以上のソフトを核として、RedHat Enterprise Linux3.0をベースとしたサーバシステムを構築した。現在、提供可能なサービスは、Webサーバ、ファイルサーバ(Windows/UNIX)、メールサーバなどである。

3-2-1 クラスタの動作

今回、構築したクラスタサーバシステムは、システム二重化による高可用性クラスタである。この構成では、同一の機能を有するシステムを2台用意し、片側をサービス提供用、残りを待機用として動作させる。各々のシステムは常に相手側の動作状態を監視し、動作に不具合が発生したら、直ちにシステムを切り替えて処理を継続

する。このようなシステムでは、それぞれのシステムのハードディスクドライブに記録されるデータも、同期をとっておく必要がある。図6に、今回構築したシステムの構成を示す。

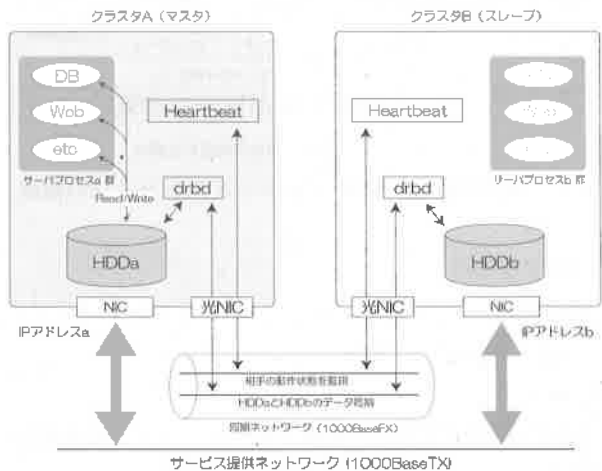


図6 構築したクラスタサーバシステム

本システムでは、動作状態の監視はHeartbeat、ディスク間の同期にはdrbdを用いてシステム間を1000BaseFXの専用ネットワークを用いている。

通常動作ではマスタ側（クラスタA）がサービスを提供し、スレーブ側は待機状態となる。drbdはHDDaに対する書き込みをHDDbにも、ディスク間の同期を図る。Heartbeatはお互いの動作状態を監視する。仮に、マスタ側の動作に不具合が発生した場合、サービス提供ネットワーク側のNICのIPアドレスを書き換えてシステムの切り替えを行うと同時に、サーバプロセスb群を立ち上げて処理を引き継ぐ。写真1にシステム外観を示す。

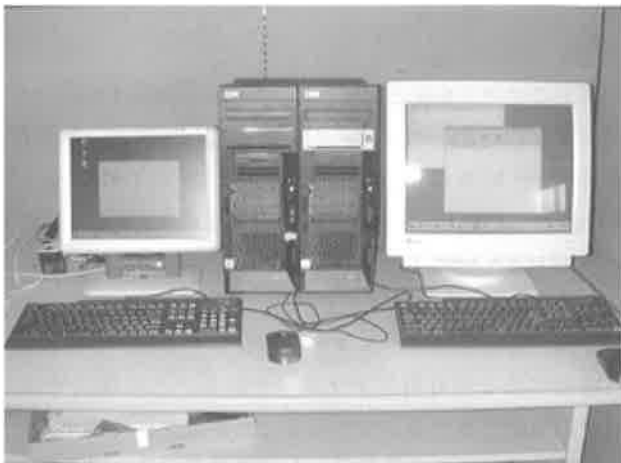


写真1 システム外観

4. 結果

これまでに作成したプログラム等を組み合わせて、動作確認用に、温度データのサンプリングを行うシステムを作成した。（写真2）（図7）

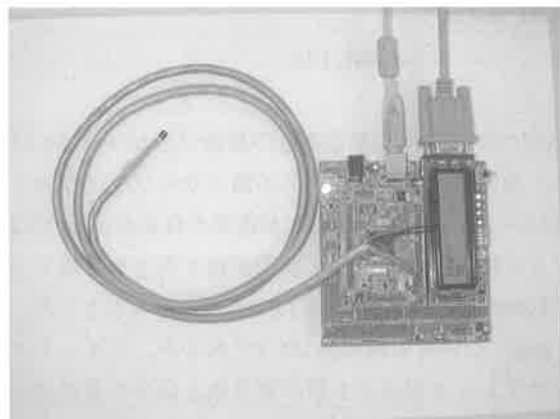


写真2 温度センサとデータ収集端末

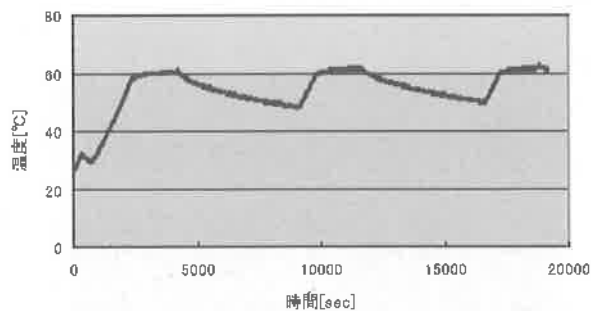


図7 温度変化の時系列サンプリング例

5. 結言

本年度は、システムを構築するための要素技術（デバイスドライバ等の開発、開発環境の移植等）の開発を行った。

クラスタサーバシステムについては、システムの構築と動作確認・評価を行った。現状では操作性が今ひとつであるので、GUIの整備等使い勝手の良いシステムにしてゆく必要がある。

これまでの開発で、実環境への適用の目処が立ったので、来年度から、行程管理等のシステム構築を行い、事例の積み上げを行う予定である。

参考文献

- 1) 経済産業省商務情報政策局情報政策ユニット情報処理振興課：2005年版組み込みソフトウェア産業実態調査報告書