

# マルチプロセッサシステムに対応したシステムレベル開発環境の開発

## 1. 背景

2004年度の未踏ソフトウェア事業の支援により、ソフトウェアとハードウェア間のインタフェースを自動生成するツールを開発した。さらにこのツールを中心として、C言語で記述したシステムに対して、ソフトウェアとハードウェアへの分割方法を指定するだけで、その分割方法に従ってソフトウェアとハードウェアそれぞれの実装記述を生成するシステムレベル開発環境 SystemBuilder を開発した。本ツールを用いることにより、C言語で記述されたシステムを容易にハードウェアとして実装し、処理を並列化することによりシステム全体の処理能力を向上させることが可能である。

図1に示すように、SystemBuilderでは、システムを構成する機能のある程度まとまった単位毎に機能単位(FU)として記述する。機能単位はソフトウェアとしてはタスク、ハードウェアとしては一つの回路ブロック(FSM)に相当する。機能単位間の通信は通信プリミティブ(CP)により接続される。このように記述されたシステム(C言語記述)に対して、設計者がソフトウェアとハードウェアへの分割方法を指定すると、SystemBuilderは分割方法に従い、C言語記述からそれぞれソフトウェア、ハードウェアとして実装可能な記述を自動生成する。

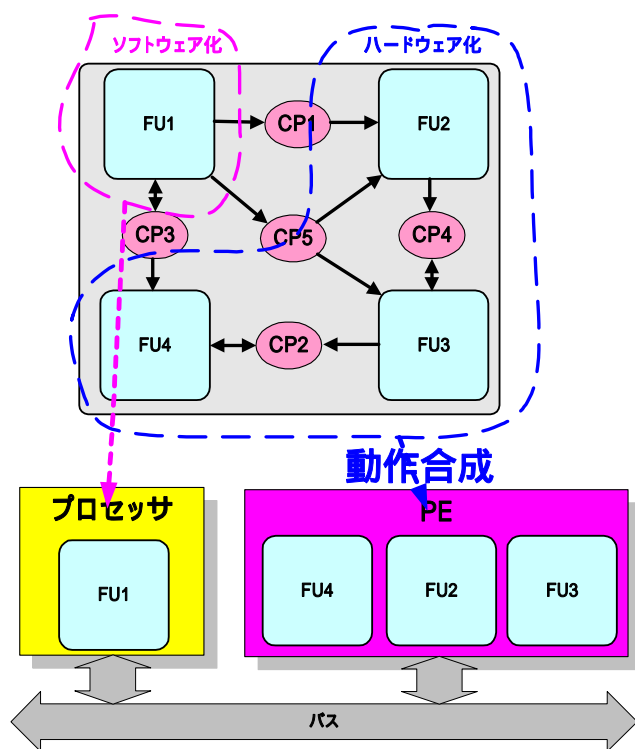


図1 シングルプロセッサ版

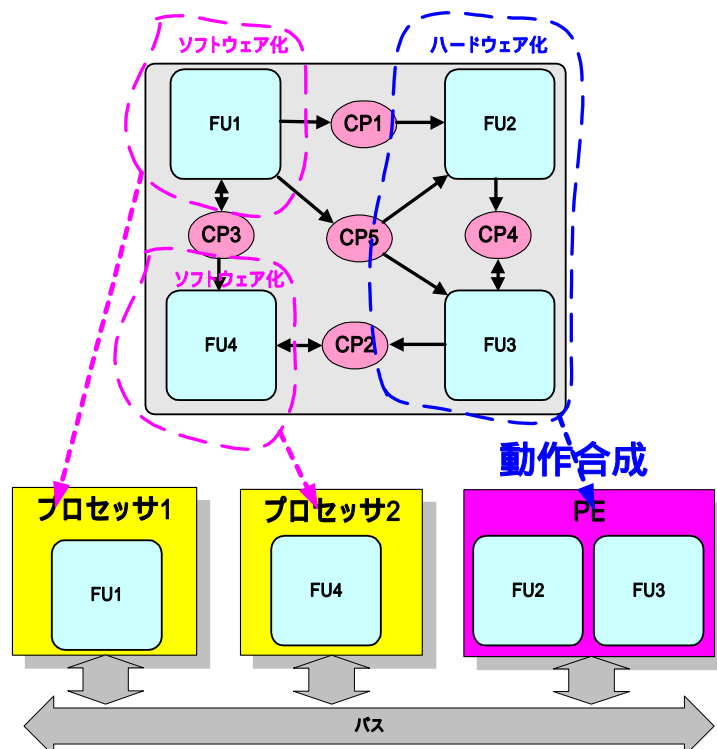


図2 マルチプロセッサ版

## 2. 目的

本プロジェクトでは、シングルプロセッサ対応の SystemBuilder を拡張し、図2に示すように、ソフトウェア化する機能を複数のプロセッサにマッピング可能なように拡張する。

生成したコードを動作させるためには、マルチプロセッサ用のリアルタイム OS が必要になる。そこで、ITRON 仕様のリアルタイム OS である TOPPERS/JSP カーネルとそれに付随するツールをマルチプロセッサ対応に拡張する。なお、開発成果は TOPPERS プロジェクトからオープンソースとして公開する。ハードウェアプラットフォームに関しては、現状の SystemBuilder と同様に FPGA とソフトコアのプロセッサを用いる。FPGA とソフトコアプロセッサを用いることにより、既存のマルチプロセッサシステムと比較して自由にシステム構成を変更可能である。

また、昨年開発成果であるシングルプロセッサ対応の SystemBuilder についても、現在幾つかの企業からの要望を受け、実際の設計にも十分対応できるよう改良を行う。具体的にはサポートするプロセッサ、リアルタイム OS、バスインタフェースを増やす。

## 3. 開発の内容

### ■ SystemBuilder のマルチプロセッサ対応

これまでシングルプロセッサに対応していた SystemBuilder をマルチプロセッサ対応に拡張する。具体的には、設計者から機能単位のプロセッサへのマッピング方法の指定を受けた後、その指示に従い、プロセッサ毎のコードと、ハードウェアを生成して、システムを構築する。

開発の結果、マルチプロセッサのアーキテクチャの自由度に制限はあるが、任意のデザインをマルチプロセッサシステム上のシステムとして動作する記述に変換することが可能となった。

### ■ マルチプロセッサ用のリアルタイム OS と関連ツールの開発

組込み向けリアルタイム OS 仕様である ITRON4.0 仕様を、機能分散マルチプロセッサ向けに拡張する。そしてこの拡張機能を ITRON 仕様のリアルタイム OS である TOPPERS/JSP カーネルとそれに付随するツールであるコンフィギュレータをベースに実装する。カーネルの開発に関しては組込みシステムの特性上、メモリ使用量やリアルタイム性に重点を置いて行う。

開発の結果、ITRON4.0 仕様のマルチプロセッサ拡張の仕様を定め、その仕様を TOPPERS/JSP カーネルをベースに実装し、SystemBuilder でサポートしている FPGA 用のソフトコアプロセッサである、Microblaze, Nios2 システム上で動作するマルチプロセッサ用のリアルタイム OS(TOPPERS/FDMP)が完成した。

### ■ SystemBuilder の拡張

SystemBuilder の適用範囲を広げるため、現在サポートしている Xilinx 社の Microblaze システム以外のプラットフォーム、プロセッサ、リアルタイム OS、バスインタフェースをサポートする。また、利用者からの声をフィードバックして使い勝手や機能についても

改良を行う。

開発の結果、プロセッサとしては、Altera 社の Nios2 をバスとしては Avalon をリアルタイム OS としては OSEK を新たにサポートした。

#### 4. 従来技術(または機能)との相違と期待される効果

マルチプロセッサ対応の SystemBuilder については、学術レベルでも同じようなコンセプトのシステムは存在せず、ツールとして利用可能なものはない。そのため、システムとしてもツールとしても新規性があると言える。組み込みシステム用のマルチプロセッサシステムは、汎用計算機で一般的な対称形ではなく、各プロセッサで行う処理が固定されている機能分散型である。機能分散型のマルチプロセッサシステムでは、用いられるプロセッサの数や、動作させるソフトウェア、プロセッサ間の接続方法といったものは要求仕様毎に異なる。このように多様なシステム構成をとりえる組み込み向けのマルチプロセッサシステムの開発においては、システム構成やプロセッサ毎のリアルタイム OS やアプリケーションの構成を容易に変更可能にするツールが必須であり、本ツールはこの要求を満たすことが可能であることから有用性が高いと言える。

マルチプロセッサ用リアルタイム OS の開発については、オンチップマルチコアのプロセッサや、FPGA 用のソフトコアプロセッサの登場により、市場からの要求が多いため、この点でも有用であるといえる。また、開発したリアルタイム OS は TOPPERS プロジェクトからオープンソースとして公開する予定であるため、多くの方に利用可能な形態となるため、産業界への貢献が大きいと言える。

#### 5. 普及(または活用)の見通し

マルチプロセッサ用のリアルタイム OS に関しては、開発終了後、完成度を上げるためソースコードレビューを行った。そして、5月に開催される TOPPERS カンファレンスでプレス発表を行う予定である。その後、TOPPERS プロジェクトよりオープンソースとして公開する予定である。現在 TOPPERS プロジェクトで公開しているシングルプロセッサ版のリアルタイム OS である TOPPERS/JSP カーネルは現在幾つかの製品での利用実績があるため、TOPPERS/FDMP カーネルも同様に普及が期待できる。

#### 6. 開発者名(所属)

本田晋也(名古屋大学情報連携基盤センター)  
株式会社ソリトンシステムズ(開発パートナー)

(参考)開発者URL <http://www.ertl.jp/~honda/>