

ITRON

Introduction to the ITRON Specifications

Open Real-Time Operating System Standards for Embedded Systems

ITRON仕様は、トロンプロジェクトにおいて標準化を行った機器組込みシステム用の一連のリアルタイムOS仕様と、その関連仕様である。その中で、民生機器に代表される小規模な組込みシステム向けに設計された μ ITRONリアルタイムカーネル仕様は、8bit MCU (Micro Controller Unit) から64bit MPU (Micro Processor Unit)、さらにはDSP(Digital Signal Processor)まで、数多くのチップに実装され、また極めて多くの組込み機器に利用されており、この分野における業界標準仕様となっている。トロンプロジェクトでは、このような実績をベースとして、標準化の対象をカーネル仕様から周辺の仕様へと広げ、組込みシステム構築技術とITRON仕様の更なる発展のための活動をおこなっている。

<http://www.assoc.tron.org/>

組み込みシステムの現状と特性

各種の機械や機器に組み込まれてその制御を行うコンピュータシステムのことを、組み込みシステム(embedded system)と呼ぶ。近年のLSI技術やマイクロプロセッサ技術の発展により、高性能なコンピュータシステムが低コストで実現可能になったことから、組み込みシステムの適用分野は急速に広がっている。当初は、工場の生産ラインの制御などの産業応用が中心であったものが、通信機器やオフィス機器などの業務機器分野、さらには、自動車やオーディオ/ビデオ機器、携帯電話、電子楽器やゲームマシン、洗濯機やエアコンなどの家電機器、照明器具などの民生機器分野へと急速に拡大し、今では身の回りのほとんどの電気/電子機器に組み込みシステムが適用されるようになってきている。

それと並行して、制御対象となる機器の高機能化や複合化により、組み込みシステムのソフトウェア(組み込みソフトウェア)も急速に大規模化・複雑化している。さらに、最近顕著になってきた機器のデジタル化やネットワーク化の流れも、マイクロプロセッサの高性能化によりソフトウェアで実現可能な処理が増えていることとあいまって、組み込みソフトウェアの重要性を増す結果となっている。

組み込みシステムは、システムの規模においても、システムに対する要求事項においても、極めて多様である。そのため、組み込みシステムの特性はそれぞれのシステムによって大きく異なるが、多くの組み込みシステムに共通する特性として次の4つを挙げることができる。

1. 専用化されたシステム

組み込みシステムは、一般に、それが組み込まれる対象の機器を制御するという一つの目的に専用化して設計される。組み込みソフトウェアは機器に固定されており、ソフトウェアが入れ換えられることは稀である。そのため、ハードウェアやOSは、アプリケーションに最適化して設計されることが多い。その結果、組み込みシステムにおいては、多くの種類のプロセッサやOSが利用されている。

2. 厳しいリソース制約

多くの組み込みシステムには、機器のコストダウン要請から、厳しいリソース制約が課せられている。特に大量生産される民

生機器においては、ハードウェアの低価格化(必ずしも高速プロセッサを使えない、メモリは必要最小限にする)に対する要求が厳しい。また、温度条件や低消費電力の必要性といった動作条件からくる制約や、小型・軽量化への要請により、ハードウェアリソースが制限される場合もある。特に低消費電力化に対しては、バッテリーで駆動される携帯機器において強い要求がある。

3. 高い信頼性

機器を制御するという性質から、組み込みシステムには高い信頼性が求められるのが通常である。工場や自動車の制御といった応用の場合には、システムの誤動作が人命にかかわる事態につながることは言うまでもないが、家電製品などの民生機器の場合にも、システムの誤動作が重大な事態を引き起こす可能性を否定できない。また、大量生産品の場合には、一度販売した機器を回収してソフトウェアを修正するには高いコストがかかる。そのため、機器の出荷前に徹底的にシステム検証を行うことが必要である。

4. リアルタイム性

リアルタイム性とは、単に計算処理速度が速いことやレスポンス時間が短いことをいうのではなく、システムが定められた時間制約に従って動作する性質をいう。多くの組み込みシステムは、やはり機器を制御するという性質から、リアルタイム性が求められる。すなわち、制御対象の機器によって定まる時間制約に従って動作しなければならない。

ITRON仕様が主な適用対象としている小規模な組み込みシステムの分野では、プロセッサコアに加えて、ROM、RAM、汎用I/Oデバイス、用途に応じたデバイスなどを1チップ化したMCU(Micro Controller Unit; 1チップマイコンと呼ばれる場合もある)が広く使われている。さらには、システム全体を1つのLSI上で実現するSoC(System on Chip; システムLSIと呼ばれる場合もある)の技術が適用されている。

近年では、民生機器を代表とする小規模な組み込みシステムの分野においても、ソフトウェアの大規模化・複雑化や開発期間短縮に対する要求から、ソフトウェアの生産性の向上は重要な課題となっており、C言語など的高级言語を使うケースや、ITRON仕様などのリアルタイムOS(RTOS)を用いるケースが一般的になってきた。

組み込みシステム用のRTOSに対する要求と標準化

マイクロプロセッサの高性能化が進む一方で、民生機器など大量生産される機器への応用が広がっていることから、組み込みシステムのコストパフォーマンス向上に対する要請は以前と同様極めて強いものがある。また、組み込みシステムの応用分野の拡大に伴って、RTOSを扱うべきソフトウェア技術者も増加しており、システム設計者やプログラマの教育の重要性も高い。

トロン協会では、毎年実施しているRTOSに関するアンケート調査において、組み込みシステム用のRTOSの問題点を調査しているが、例年の傾向として、「使いこなせる技術者が不足またはいない」というソフトウェア技術者の教育の問題を挙げる回答者が最も多い。それに次いで、「OSにより仕様の違いが大きく切替えの負担が大きい」「価格が高い(初期コスト・保守費が高い)」が挙げられる。最近では、RTOSの実装技術の進歩とマイクロプロセッサの高性能化により、「OSのサイズや使用リソースが大きすぎる」「性能・機能が要求条件に適合しない」という

トロンプロジェクトとは?

TRON(The Real-time Operating system Nucleus)は、近い将来に実現されるであろう「どこでもコンピュータ環境」における理想的なコンピュータ体系をつくることを目的として、東京大学の坂村健教授によって開始されたプロジェクトである。「どこでもコンピュータ環境」においては、生活環境を取り巻くあらゆるモノにマイクロプロセッサが埋め込まれ、それらがネットワークによって相互に接続される。トロンプロジェクトでは、マイクロコンピュータが埋め込まれたモノが互いに協調動作して高度なサービスを提供するような環境を超機能分散システム(HFDS)と呼び、その構築をプロジェクトの長期目標としている。

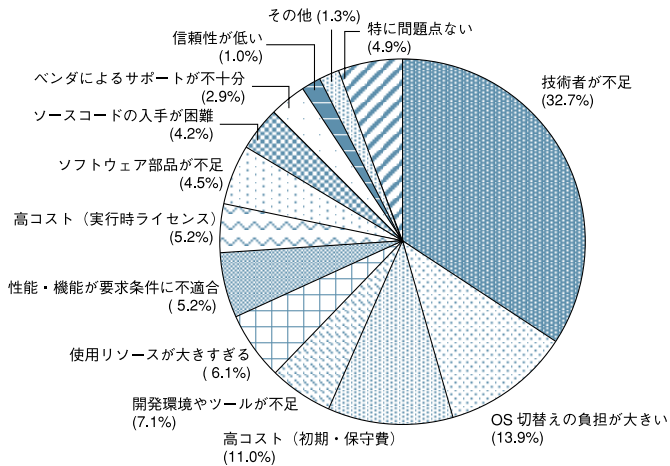


図1：リアルタイムOSの問題点
(トロン協会によるアンケート調査結果、2002年11月、日本)

適合性に関する問題を挙げた回答者は比較的少なくなった(図1)。

RTOS仕様を標準化することにより、これらの問題の多くを解決ないしは軽減することができる。「OSにより仕様の違いが大きく切替えの負担が大きい」という問題が解決できることはもちろん、標準化により、ソフトウェア技術者の教育が容易になるという効果や、メーカー間の競争により品質の高いIOS製品がリーズナブルな価格で入手可能になるという利点も得られる。

このような背景からトロン協会では、概念や用語の統一といった教育面を特に重視して、広い範囲の組み込みシステムに共通に適用できるRTOS仕様の標準化が必要であると考え、ITRON仕様の標準化活動に取り組んできた。

組み込みシステム用のRTOS仕様の標準化にあたって最も困難な問題として、ハードウェアの持つ性能を最大限に発揮させるという要求と、ソフトウェアの生産性を向上させるという要求のトレードオフの解決が挙げられる。ハードウェア資源の制約が厳しいシステムにおいては、与えられたハードウェアの性能を最大限に発揮できることが、RTOSを採用する前提条件となる。一方で、ソフトウェア生産性の向上はRTOSを用いる最大の動機であるが、ソフトウェアの生産性を向上させるためにOSが提供するサービスの抽象度を上げたり、用いるハードウェアによらずにソースコードレベルの完全な移植性を確保しようとすると、OSが提供するサービスとハードウェアアーキテクチャとのギャップが実行時のオーバヘッドにつながり、ハードウェアの持つ性能を最大限に発揮させることが難しくなる。

この2つの要求の最適なトレードオフは、組み込みシステムの性質に大きく依存する。具体的には、小規模なシステムにおいては、最終製品のコストダウンの要求から、実行時性能を低下させてまでソフトウェアの移植性を向上させる意義は少ない。それに対して、既存のソフトウェア部品を用いる場合や、ソフトウェアの再利用が不可欠な規模の大きいシステムにおいては、ソフトウェアの移植性は極めて重要な要求となる。さらに、2つの要求の最適なトレードオフは、マイクロプロセッサ技術の発展によって常に変化している。

また、小規模なシステムと大規模なシステムでは、RTOSに求める機能にも大きな違いがある。小規模な組み込みシステムに、必要性の低い高度な機能を持ったOSを用いると、プログラムサイズが大きくなり、実行時性能も低下する結果となる。逆に

大規模なシステムでは、高度な機能を持ったOSを用いてソフトウェアの生産性向上を図るべきである。

以上より、組み込みシステムの規模や性質に応じて、RTOSに対する要求は大きく異なることがわかる。システムの規模や性質毎に別々のRTOS仕様を定義することも可能ではあるが、ソフトウェア技術者の教育面やソフトウェア部品の流通性、開発支援ツールのサポート面を考えると、多種多様な組み込みシステムに共通に適用できるスケラビリティを持ったRTOS仕様を定義することが望ましい。

以上より、組み込みシステム用のRTOS仕様に対する要求を簡単に整理すると、次のようになる。

- ・ ハードウェアの持つ性能を最大限に発揮できること
- ・ ソフトウェアの生産性向上に役立つこと
- ・ 各規模のシステムに適用できるスケラビリティを持つこと

以上で述べた技術的な要求事項に加えて、仕様が真の意味でオープンであることも重要な要件となる。組み込みシステムが身の回りのあらゆる機器に適用されることを考えると、仕様書が誰にでも入手可能な形で一般に公開されるだけでなく、それに基づいた製品を誰もが自由にロイヤリティなしで実装・販売することも満たさなくてはならない要件である。

ITRON仕様の歴史と現状

トロンプロジェクトは、1984年に開始して以来、組み込みシステム用の標準RTOS仕様について検討を行い、その結果として、一連のITRONリアルタイムカーネル仕様を策定・公開してきた。カーネル仕様に重点を置いて標準化を行ってきたのは、小規模な組み込みシステムでは、カーネルの機能のみが利用されるケースが多いためである。

最初のITRON仕様は、1987年にITRON1仕様という形でまとめられた。ITRON1仕様に従っていくつかのリアルタイムカーネルが開発・応用され、仕様の適用性の検証に重要な役割を果たした。その後、小規模な8~16ビットのMCUに適用するために機能を絞り込んだμITRON仕様(Ver. 2.0)、逆に大規模な32ビットのプロセッサに適用するためのITRON2仕様の検討を進め、共に1989年に仕様を公開した。このうちμITRON仕様は、限られたリソースしか持たないMCU上でも実用的な性能を発揮することができるために、多くの種類のMCU用に実装され、極めて多くの組み込みシステムに応用されている。

μITRON仕様が広範な分野に応用されるに従って、それぞれの機能の必要性や性能に対する要求がより正確にわかってきた。また、MCUの適用分野が広がるに従って、μITRON仕様カーネルを32ビットMCU用に実装するという仕様設計時に想定していなかった適用例も出てきた。そこで、8ビットから32ビットまでの各規模のMCUに適用できるスケラビリティを持った仕様を策定する作業を行い、1993年にμITRON3.0仕様を公開した。

その後、組み込みソフトウェアの大規模化・複雑化が進行するに伴い、リアルタイムカーネル仕様だけでなく、それを取りまく環境を意識した標準化活動、とりわけソフトウェア部品のための標準化の必要性が高まってきた。その中で、それまでに実装されていたITRON仕様カーネルは、実装毎の仕様の違い

が大きいために、ソフトウェア部品の移植性が十分に確保できないという問題が指摘されるようになってきた。

このような背景から、それまでのITRON仕様を再度見直す作業を行い、1999年に μ ITRON4.0仕様を公開した。 μ ITRON4.0仕様の策定が必要となった理由は、次の4点に集約することができる。

- (a) ソフトウェアの移植性の向上
- (b) ソフトウェア部品向けの機能の追加
- (c) 新しい要求・検討成果の反映
- (d) 半導体技術の進歩への対応

ITRON仕様の設計方針

前述の要求事項を満たすために、ITRON仕様を設計するにあたって、以下の設計方針を設定している。

- ・ ハードウェアの過度の仮想化を避け、ハードウェアに対する適応化を考慮する。

ハードウェアの持つ性能を最大限に発揮させるためには、仕様作成にあたって、ハードウェアを過度に仮想化することは避けなければならない。ハードウェアに対する適応化とは、ハードウェアの持つ性能や性質に応じてRTOSの仕様や内部の実装方法を変え、システム全体としての性能向上をはかることをいう。ITRON仕様においては、ハードウェアによらず標準化すべき事項と、ハードウェアの持つ性能や性質に応じて最適になるように決定してよい事項を明確に分離し、ハードウェアに対する適応化が可能となるよう配慮した。

- ・ アプリケーションに対する適応化を考慮する。

アプリケーションに対する適応化とは、アプリケーションに必要なカーネルの機能や要求される性能に応じて、カーネルの仕様や内部の実装方法を変更し、システム全体として性能向上をはかるアプローチをいう。組込みシステムの場合、OSのオブジェクトコードはアプリケーション毎に生成するため、アプリケーションに対する適応化が特に有効に働く(図2)。具体的には、ITRON仕様では、カーネルが提供する各種の機能をできる限り独立させ、アプリケーション毎に必要な機能だけを用いることができるように考慮して、仕様の設計を行っている。また、システムコールの単機能化により、必要な機能のみを組み込むことを容易にしている。

- ・ ソフトウェア技術者の教育を重視する。

前述した通り、ソフトウェア技術者の不足は、RTOSを活用していく上での大きな問題となっている。ITRON仕様では、ソフトウェア技術者の教育を重視し、標準化を通じて一度覚えた事が広く活用できるよう配慮している。具体的には、仕様における用語の使い方や、システムコールなどの名称の決め方などは、できる限り一貫性を持つよう配慮した。尚、トロン協会では、教育用のテキストの作成、技術セミナーの開催にも注力している。

- ・ 豊富な機能を提供する。

カーネルが提供するプリミティブを少数に限定するのではなく、性質の異なる豊富なプリミティブを提供するというアプローチを取る。アプリケーションやハードウェアの性質に適合したプリミティブを利用することで、実行時性能やプログラムの書きやすさの向上が期待できる。

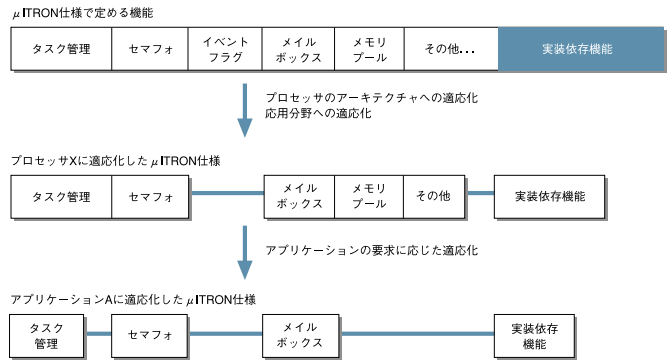


図2: μ ITRON仕様における適応化

- ・ 仕様のシリーズ化や機能のレベル分け、プロファイルの定義を行う。

多種多様なハードウェアへの適用を可能にするため、用途に応じた仕様を作成する(シリーズ化)、1つの仕様に含まれる機能を必要度に応じてレベル付けする(レベル分け)、機能セットとその仕様を厳格に定めたプロファイルを定義するという工夫を行っている。

これらの設計方針のいくつかに共通するコンセプトとして、「弱い標準化」がある。弱い標準化とは、共通化すると実行時性能の低下につながるような部分については無理に標準化を行わず、ハードウェアやアプリケーションに依存して決めるべき部分として残すアプローチのことをいう。弱い標準化の考え方により、多種多様なハードウェアの上で、その性能を最大限に発揮させることが可能になる。

最新の μ ITRON4.0仕様では、ソフトウェアの移植性の問題を解決するために、弱い標準化の利点を残しつつ、カーネル仕様の標準化レベルを上げることを行った。具体的には、仕様全体としては「弱い標準化」の方針を維持しつつ、ソフトウェアの移植性を向上させるために、標準的な機能セットとその仕様を厳格に定めるというアプローチを採用している。この標準的な機能セットを「スタンダードプロファイル」と呼ぶ。

ITRON仕様の実装・利用状況

2003年11月1日現在トロン協会に登録されているITRON仕様リアルタイムカーネル製品の一覧を表3に示す。表からもわかるとおり、ITRON仕様に準拠したリアルタイムカーネル製品としては、トロン協会に登録されているものだけでも、約40種類のプロセッサ用に約50種類の製品がある。最近では、米国のソフトウェアベンダがITRON仕様カーネルを開発する例も出てきている。また、 μ ITRON仕様カーネルは、規模が小さく比較的容易に実装することができるために、ユーザが自社用に開発しているケースも多く、製品化されているもの以外にも多くの実装例がある。また、フリーソフトウェアとして配付されている μ ITRON仕様カーネルも、複数種類ある。その結果、組込みシステム向けの主要なプロセッサのほとんどすべてに、 μ ITRON仕様のカーネルが開発されているといっても過言ではない。

言うまでもなく、このように多くのITRON仕様カーネルが実装されるのは、広い応用分野と極めて多くの応用事例があるた

表3：ITRON仕様リアルタイムカーネル登録製品一覧
(2003年11月1日現在)

仕様	製品名	対象プロセッサ	会社名
μITRON2.0	H8-3X	H8/900	(株) ルネサステクノロジ
	H8-EX	H8/600	(株) ルネサステクノロジ
	H8	H8/600	(株) ルネサステクノロジ
	MR3200	M32 ファミリー	(株) ルネサスソリューションズ
	MR7700	7700 ファミリー	(株) ルネサスソリューションズ
	Softune REALOS/907	FMC-16LX/16L/16H/16F ファミリー	富士通 (株)
	MORTOS/n682	MC68020	(株) モアソンジャパン
	RX78K/III	78K/III シリーズ	NECエレクトロニクス (株)
	NORT/866	8086	(株) ミスボ
	AAOS866	8086 系	スリーエス・コンピュータ (株)
	Softune REALOS/896	FMC-8L ファミリー	富士通 (株)
	H8-S	H8/600	(株) ルネサステクノロジ
	TR900	TLC8-900	(株) 東芝
	RX78K/II	78K/II シリーズ	NECエレクトロニクス (株)
	RX78K/0	78K/0 シリーズ	NECエレクトロニクス (株)
	H8-3H	H8/900H	(株) ルネサステクノロジ
	MORTOS/n68	MC68000	(株) モアソンジャパン
	MORTOS/n96	8086 系	(株) モアソンジャパン
	H8-SH7	SH	(株) ルネサステクノロジ
	MR1600	M16 ファミリー	(株) ルネサスソリューションズ
MR3800	38000 シリーズ	(株) ルネサスソリューションズ	
NORT/H83	H8/900H	(株) ミスボ	
NORT/Z80	Z80	(株) ミスボ	
RX78K/IV	78K/IV シリーズ	NECエレクトロニクス (株)	
NORT/SH	SH-1, SH-2	(株) ミスボ	
NORT/H85	H8/600	(株) ミスボ	
NORT/68K	68000, 68010, CPU32	(株) ミスボ	
H8-2600	H8S	(株) ルネサステクノロジ	
PxKERNEL	SH2, VR4100/VR4300, TMS470R1x, SR320	イートル (株)	
μITRON3.0	SR900	SPC900	ソニー (株)
	MR30	M16C/60 シリーズ	(株) ルネサスソリューションズ
	Softune REALOS/FR	FR ファミリー	富士通 (株)
	REALOS/SP	SPARClike シリーズ	富士通 (株)
	UDESOS/39	TLC8-49300 ファミリー	東芝情報システム (株)
	UDESOS/686	Pentium, i486	東芝情報システム (株)
	MR32R	M32R/0	(株) ルネサスソリューションズ
	FS.ExRon-ARM	ARM7TDMI シリーズ	ファームウェアシステム (株)
	H7700	SH-1, SH-2 シリーズ	(株) ルネサステクノロジ
	H7400	SH2-DSP シリーズ	(株) ルネサステクノロジ
	H7700	SH-3 シリーズ	(株) ルネサステクノロジ
	MR79	7900 シリーズ	(株) ルネサスソリューションズ
	組み込み制御用カーネル Kernel	Z80	川上 昌之
	μ MORE v3.0	SH シリーズ ARM7TDMI, 7200	(株) ACCESS
	ExRon-SA	StrongARM	ファームウェアシステム (株)
	ELX-ITRON/SH3	SH3	(株) エルミックシステム
	TR19	TX1940FDF	(株) 東芝
	RX850	V850 ファミリー	NECエレクトロニクス (株)
	RX850Pro	V850 ファミリー	NECエレクトロニクス (株)
	RX4000	VR4100, VR4300, VR5432	NECエレクトロニクス (株)
PxKERNEL v4	SH-3	イートル (株)	
μ MORE v4.0	SuperH シリーズ, StrongARM	(株) ACCESS	
Nucleus μ iPLUS	MPC68k, PPC680, ARM7, V850e, SH3, SH4	メソテック・グラフィックス・ジャパン (株)	
mKernel	Z80	川上 昌之	
RX4000v4	VR4100, VR4300, VR5432	NECエレクトロニクス (株)	
Tron Task!	SH シリーズ	(株) エーアイコーポレーション	
ThreadX-μ ITRON	ARM, StrongARM, Thumb, SPARC, i960, PowerPC, V8xx, 68K など	(株) グレインシステム	
Emkernel (Nios)	Nios	日立エンジニアリング (株)	
ITRON1	RX116	V20	イートル (株)
	RX136	V33A	イートル (株)
	RX320	V25	イートル (株)
	RX423	V55PI	イートル (株)

* ITRON 仕様準拠製品登録制度は、登録製品が ITRON 仕様と合致していることや、登録製品の品質を保証するものではありません。
 * 日本国外ではサポートしていない製品も含まれる
 * 製品名は日本国内のみに適用

めである。ITRON仕様カーネルが使用されている機器の例を表4に挙げる。また、トロン協会によるアンケート調査でも、ITRON仕様が特に民生機器の分野において広く使われており、事実上の業界標準仕様となっていることがわかる(図5および図6)。また、ITRON仕様カーネルを使っているケースの中で、自社製のITRON仕様カーネルを使用しているケースが多くあり、ITRON仕様が真にオープンな標準仕様となっていることがわかる(図6)。

このように、ITRONリアルタイムカーネル仕様は、多くのメーカーが規模の異なる様々なプロセッサ用に実装を行い、その多くが製品化され、また広く応用されている。特にμITRON仕様カーネルは、今までメモリ容量や実行速度の制約によってRTOSが使用できなかったシングルチップのMCUへの適用が進んでおり、μITRON仕様がこの分野における世界最初の標準リアルタイムカーネル仕様の地位を築きつつあるといえる。

カーネル仕様以外の仕様・ガイドライン

前述したとおり、組込みソフトウェアの大規模化・複雑化が進行するに伴い、リアルタイムカーネル仕様を取り巻く環境を意識した標準化活動の必要性が高まってきた。そこで1996年頃からは、標準化の範囲をリアルタイムカーネル仕様から周辺仕様へと広げて検討を進めてきた。具体的には、(1) 組込みシステム向けのソフトウェア部品のための標準化、(2) ソフトウェア開発環境のための標準化、(3) 応用分野を絞り込んだ調査研究・標準化、(4) その他新たに必要機能の検討、に取り組んできた。

1. ソフトウェア部品のための標準化

ソフトウェア部品のための標準化として、具体的には、ソフトウェア部品の開発・流通を促す条件を整えることに加え、分野毎のソフトウェア部品インタフェースの標準化を進めてきた。

1つめのソフトウェア部品の開発・流通を促す条件を整えるための検討として、ソフトウェア部品の移植性を向上させることを主な目的として、前述のμITRON4.0仕様の策定を行った。さらに、仕様に従って実装されたカーネルが、正しく仕様に準拠しているかを確認する手順を規定したμITRON4.0検定仕様書(案)を策定した。

また、リアルタイムカーネルを用いた組込みシステム設計の標準的な手法を提示するとともに、ハードリアルタイム性を持ったソフトウェア部品をサポートするためのアプリケーション設計ガイドラインの検討を行った。

分野毎のソフトウェア部品インタフェースの標準化としては、TCP/IPプロトコルスタックのインタフェースを標準化したITRON TCP/IP API仕様と、ITRON仕様カーネル上にJava実行環境を実装する際のインタフェースを標準化したJTRON仕様を策定した。また、ITRON仕様カーネル上でデバイスドライバを作成する方法の標準化の検討を行っている。

現在、TCP/IPのAPI(具体的には、TCPプロトコルとUDPプロトコルのAPI)として広く使われているのはソケットインタフェースであるが、これは組込みシステム(特に小規模なシステム)に適用するには不都合が多いという指摘がなされている。実際、ITRON仕様カーネル上で動作するTCP/IPプロトコルスタックを提供しているメーカーは多いが、その中には、ソケット

表4：ITRON仕様カーネルの主な適用分野

AV機器、家電

テレビ、ビデオ、デジタルカメラ、セットトップボックス、オーディオ機器、電子レンジ、炊飯器、エアコン、洗濯機

個人情報機器、娯楽 / 教育機器

PDA、電子手帳、カーナビ、ゲーム機、電子楽器

パソコン周辺機器、OA機器

プリンタ、スキャナ、ディスクドライブ、CD-ROMドライブ、コピー、FAX、ワープロ

通信機器

留守番電話機、携帯電話、ATMスイッチ、ネットワークルータ、放送機器 / 設備、無線設備、人工衛星

運輸機器、工業制御 / FA機器 / 設備機器、その他

自動車、プラント制御、工業用ロボット、エレベータ、自動販売機、医療用機器、業務用データ端末

インタフェース互換のAPIに加えて独自のAPIを用意しているメーカーも多い。言うまでもなく、メーカー独自のAPIを使って構築されたアプリケーションプログラムは、移植性の点で問題を生じることになる。

このような背景から、組込みシステムに向けたTCP/IPプロトコルスタックのAPIを標準化する必要性が認識され、標準化検討を行うためのEmbedded TCP/IP技術委員会が1997年3月に発足した。1998年5月には、そこでの検討により作成された仕様がITRON仕様として承認され、ITRON TCP/IP API仕様として公開された。

JTRON仕様は、最近組込みシステム分野においても注目を集めているJavaの技術を、ITRON仕様カーネルと共に活用しようというものである。Javaの技術を組込みシステムに適用する現実的な方法として、Java実行環境をITRON仕様カーネル上に実現し、アプリケーションシステムのJavaに適した部分はJavaプログラムの形で、ITRON仕様カーネルの利点を活かせる部分はITRONのタスクとして実装する方法がある。ここで、JavaプログラムとITRONタスクの間の通信インタフェースの標準化が重要な課題となる。JTRON仕様は、この標準インタフェースを標準化することを目的にしたもので、1998年10月にJTRON2.0仕様を、2000年11月にはJTRON2.1仕様を公開した。

ITRON仕様カーネル上でデバイスドライバを作成する方法の標準化については、1998年4月から取り組みを始め、一部の検討成果がμITRON4.0仕様に反映している。

2. ソフトウェア開発環境のための標準化

ソフトウェア開発環境のための標準化としては、ITRON仕様カーネルとデバッグ環境との間のインタフェースの標準化を行ったITRONデバッグインタフェース仕様を策定した。

ITRONデバッグインタフェース仕様は、デバッグ環境(デバッガやICEなど)がμITRON4.0仕様に準拠したリアルタイムカーネルをサポートするための標準的なインタフェースを規

定するものである。1999年の始めに、μITRON4.0仕様研究会デバッグインタフェース仕様WGにおいて検討を開始し、2000年7月には暫定仕様書を公開した。その後、暫定仕様書に対するコメントや、仕様を評価するための実装などを通じて仕様のリファインを行い、2001年4月に正式版(Ver. 1.00.00)として公開した。

3. 応用分野を絞り込んだ調査研究・標準化活動

応用分野を絞り込んだ調査研究・標準化活動として、自動車制御分野におけるITRON仕様カーネルに対する要求事項を整理し、標準仕様に対する提案をまとめる活動を行い、1997年に検討結果を取りまとめた。この検討結果は、μITRON4.0仕様に、自動車制御用プロファイルおよび仕様準拠の最低機能の変更(具体的には、待ち状態の代わりに休止状態を必須としたこと)として反映した。

4. その他新たに必要な機能の検討

ITRON仕様への新機能としてμITRON4.0仕様をベースにメモリを含むカーネルオブジェクトに対するアクセス保護機能を追加したμITRON4.0/PX仕様を検討し2002年6月に公開した。

おわりに

ITRON仕様カーネルは、日本の主要な半導体メーカーや多くのメーカーが、規模の異なる様々なプロセッサ用に実装をおこない、その多くが製品化され、また広く応用されている。特にμITRON仕様カーネルは、今までメモリ容量や実行速度の制約によってリアルタイムOSが使用できなかったシングルチップのMCUへ適用され、μITRON仕様がこの分野における世界初の標準カーネル仕様となっている。

我々は、このような実績をベースとして、カーネル仕様やソフトウェア部品や開発環境などの周辺仕様についての標準化活動を進めている。

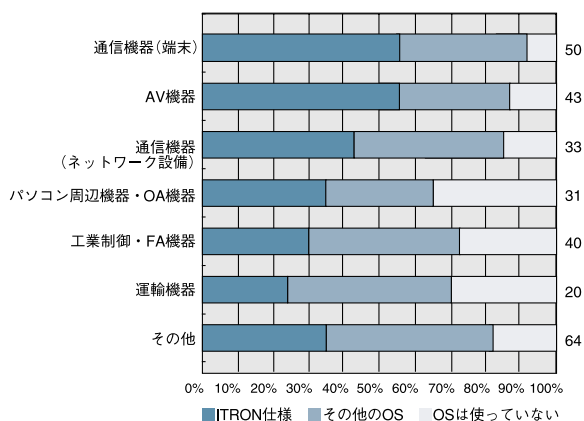


図5：組込み機器に利用されているリアルタイムOS (トロン協会によるアンケート調査結果、2002年11月、日本)

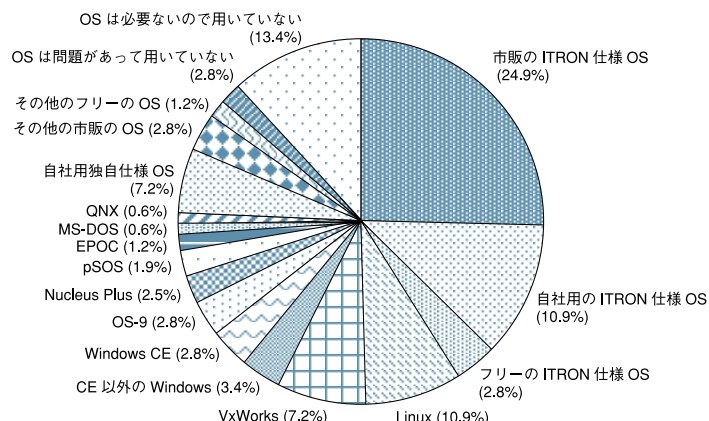


図6：組込みシステムに組み込んだOS (トロン協会によるアンケート調査結果、2002年11月、日本)

社団法人 トロン協会

〒108-0073 東京都港区三田1丁目3番39号 勝田ビル5階

TEL: (03)3454-3191 FAX: (03)3454-3224

<http://www.assoc.tron.org>