

# T-KernelとITRONの最新動向

## 越塚登

トロン協会 / ITRON 仕様検討グループ  
トロン協会 / トロン教育普及グループ主査  
東京大学

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

## Agenda

### T-Engineプロジェクトの現状

T-Engineのラインナップ

T-Kernel, T-Kernel Test Suite, 開発環境,  $\mu$  T-Kernel, T-Kernel/SE, MP T-Kernel

### ITRONプロジェクトの現状

ITRON仕様検討グループの活動状況

### 教育への取り組み

組込みソフトウェア技術者向け資格試験制度

トロン協会教育普及グループの活動

T-Engineフォーラムの活動

### 普及・広報状況

## ITRONとT-Kernelの違い(ITRON)

### 1984年に基本アーキテクチャをデザイン

当時のハードウェアに応じた設計思想  
単一仕様・複数実装...「弱い標準化」

### 産業的意義

カーネルビジネスを促進  
ビジネスモデル:「囲い込み型」ビジネスモデル

### 技術的意義

ハードウェアやアプリケーションに、チューニング可能  
API統一による教育効果が高い  
Fault tolerantなMLDDアーキテクチャを適用可能  
ミドルウェアウェアの再利用性、流通性においては劣る

## ITRONとT-Kernelの違い(T-Kernel)

### 2000年代に基本アーキテクチャをデザイン

#### 時代背景

組込み・リアルタイムシステムと情報処理型システムがクロスオーバー  
提供機能が肥大化 GUI、ネットワーク、セキュリティ...  
ミドルウェアの再利用によるソフトウェア開発の効率化に焦点

#### アプローチ

シングルソースカーネル...「強い標準化」への転換

### 産業的意義

もはやカーネルだけで莫大な収益をえるような時代ではない  
ビジネスモデル:「オープンプラットフォーム型」

### 技術的意義

ミドルウェアウェアの再利用性、流通性を最大に狙う  
高機能なAPIの提供  
システム保護機能の強化

## ITRONとT-Kernelの違い

T-KernelとITRONは違うもの



### T-Kernel

強い標準化

適応化よりも統一化を重視

32ビットCPUのみ

### ITRON

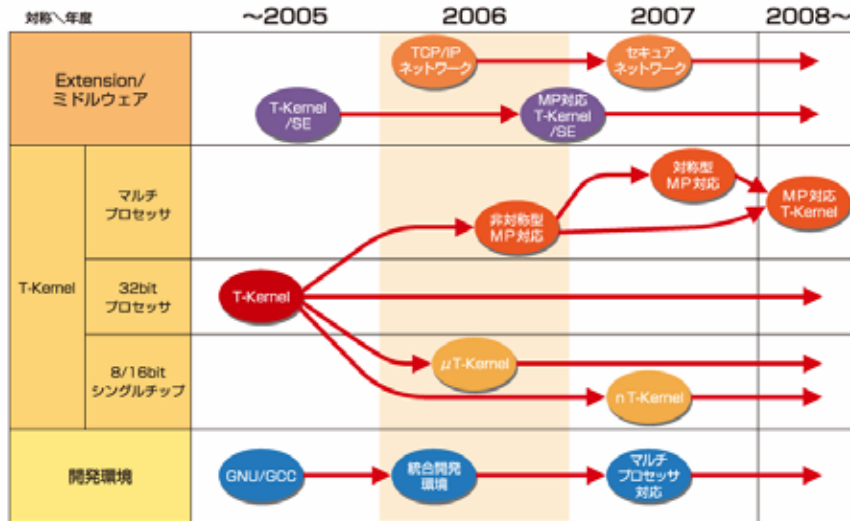
弱い標準化

統一化よりも適応化を重視

8ビット～32ビットまで

## T-Engineプロジェクトの展開

# T-Kernel のロードマップ



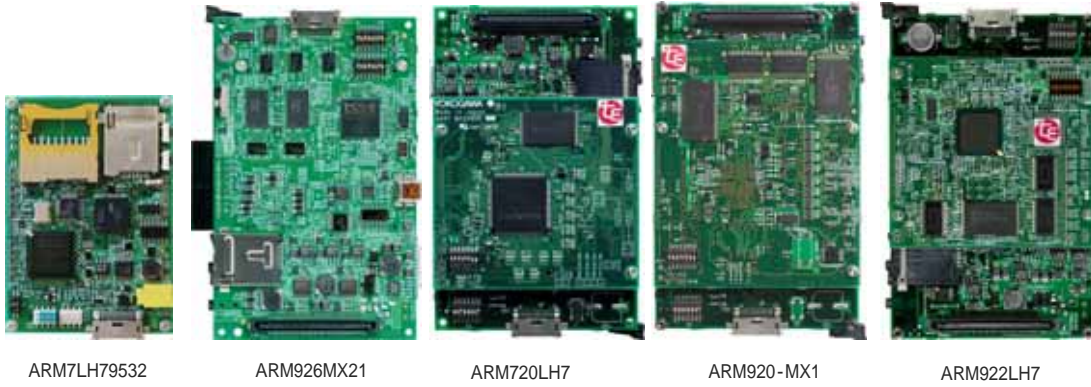
© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

7

# T-Engine, $\mu$ T-Engine ラインアップ

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

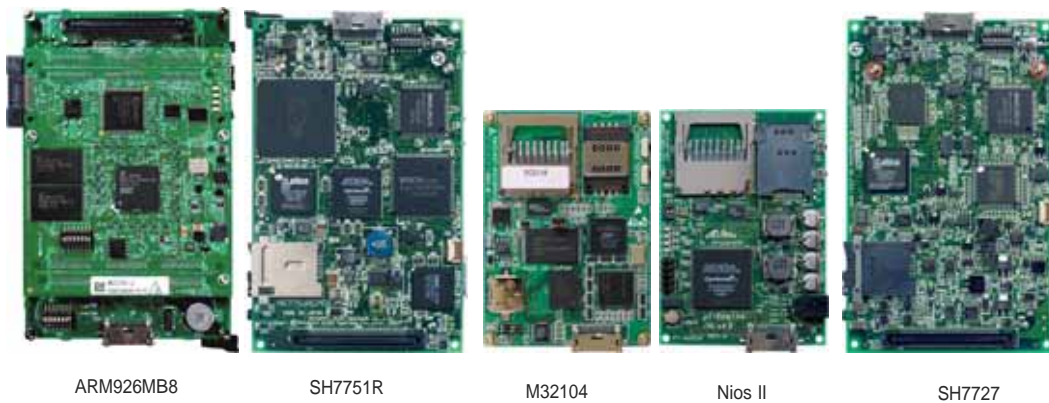
## T-Engine Line-up (1)



© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

9

## T-Engine Line-up (2)



© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

10

## T-Engine Line-up (3)



VR5701



TX4956



VR4131



VR5500

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

11

## T-Kernel

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

## T-Kernelの実用化進む

2004年1月のソースコード無償公開から2年

T-Kernelの製品への採用が増加



### 製品採用例

カーナビゲーション(デンソー)

携帯型超小型ユニット「ユビネットパス」(大日本印刷)

組込み用コンポーネントモジュール(NEC)

### 拡張・最適化T-Kernel

eT-Kernel(イーソル)

PMC T-Kernel(パーソナルメディア)

## T-Kernelリファレンスコードの更新

### 静的解析ツールの指摘事項の確認作業中

警告の内容と対応するコードの指摘箇所を確認

精査した結果と対応内容に関する一覧を作成中

指摘箇所に問題が無いことの確認

現在の開発環境(gcc)では問題無いが、他の開発環境に移植した際に問題となり  
そうな箇所への対応

定数型の符合の明確化

キャストの追加



より高い信頼性を確保したカーネルの提供

## T-Kernel適応化パッチ

### T-EngineフォーラムのWebページから公開中

μ T-Engine/SH7145各種適応化パッチ

μ T-Engine/M32192単純移植パッチ

T-Engine/SH77xxのHEW対応版パッチ

### 公開作業中

T-Engine Appliance Ansel-Tea/FR単純移植パッチ

T-Engine/SH7720単純移植パッチ

T-Engine/SH7780単純移植パッチ

### その他の適応化パッチも順次公開予定

## T-Kernel Test Suite



# T-Kernel Test Suite

T-Kernel Test Suit 版をT-EngineフォーラムA会員  
に公開中

B会員、一般と順次公開予定

より高い信頼性を確保するツールへの拡張を検討

現状: APIの互換性検証用

T-Kernelの適応化、最適化時の検証に使用

T-Kernel仕様書に記載された挙動の確認

計画: より広範な動作確認への対応を検討

T-Kernel仕様書に明記されていない挙動の確認

実装依存部への対応

更に、 $\mu$ T-Kernelに対応予定

$\mu$ T-Kernelのリファレンスコードへの対応を計画

## 開発環境整備

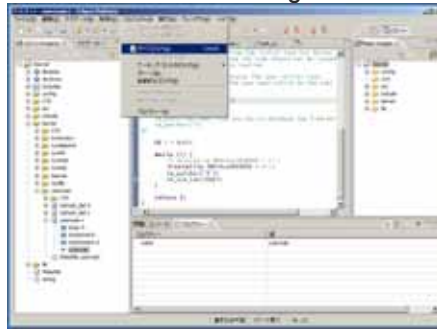
## T-Kernelの周辺環境整備すすむ

### GUIを用いた統合開発環境を整備

Eclipse for T-Engine

NetBeans for T-JV

WideStudio for T-Engine



一般公開にむけて開発中

# T-Kernel Standard Extension

## T-Kernelの拡張カーネル整備進む

### T-Kernel/Standard Extension

ファイル管理、プロセス管理、TCP/IPネットワークなど、T-Kernelの機能を拡張

! TROSHOW 2006では、Standard Extensionを使用したカーナビゲーションシステム((株)デンソー)の開発品を展示

## T-Kernel/SEいよいよ一般公開

T-Kernel/SEソースコード一般公開予定(今夏)

現在、一般公開に向けてIPR確認作業中

対象T-Engine

SH7727, SH7751R, ARM920, ARM720, VR5500, VR4131

POSIXとの互換性を強化した、標準Cライブラリも  
公開予定(今夏)

## T-Kernel/SEデバイスドライバ

T-Kernel/SEソースコードに続き、デバイスドライバのソースコードを公開予定(今夏)

### 提供予定のドライバ

システムディスク・ドライバ

カード・マネージャ

コンソール・ドライバ

クロック・ドライバ

### 対象T-Engine

SH7727, SH7751R, ARM920, ARM720, VR5500, VR4131

# μ T-Kernel

## μ T-Kernelの開発を開始

8bitや16bitのマイクロプロセッサやシングルチップマイコンなど、小規模な組み込みシステムを対象

T-Kernelとの強い互換性も保持

8ビットから32ビットまで、一貫性を持ったプログラムの開発が可能

## μ T-Kernel仕様書

### μ T-Kernel仕様書の策定

版をT-Engineフォーラム会員にレビュー公開済

レビュー結果指摘箇所の反映作業中

μ T-Kernel仕様書の英訳を作成

μ T-Kernel仕様書のT-Engineフォーラム内IPR処理を開始予定

一般公開用のライセンスについても検討中

## μ T-Kernelリファレンスコード

### μ T-Kernelリファレンスコードの実装

版をT-EngineフォーラムWG会員に公開済

T-EngineフォーラムWG参加各社で評価を実施

評価結果はリファレンスコードにもフィードバック

T-EngineフォーラムWGでの検討内容に基づいてチューニングした 版を実装中

TRONSHOW 2007までに複数の実装の予定

32ビットCPU版

16ビットCPU版

ワンチップマイコンでの評価

# MP T-Kernel

## マルチプロセッサ対応T-Kernel

### MP T-Kernel

高機能化し続ける組込みシステムでは、  
マルチプロセッサ(マルチコア)への対応が重要

現状、Linuxはマルチプロセッサ対応しているが・・・  
→ 情報系OSとしてのMP対応(組込み向きでは無い)



組込みシステムに適した  
マルチプロセッサ対応リアルタイムOSが必要

### MP T-Kernel

## 非対称型(AMP)と対称型(SMP)

### AMP T-Kernel

#### 基本モデル

個々のプロセッサ上でカーネルが独立に動作し、プロセッサ間通信により、同期・通信を行なう

#### 対象

非対称型マルチプロセッサ(マルチコア)から、疎結合システムまで幅広く対応が可能 (まずは非対称型マルチコアから着手)

### SMP T-Kernel

#### 基本モデル

複数のプロセッサ上で一つのカーネルが動作する

#### 対象

対称型マルチプロセッサ(マルチコア)・共有メモリ必須

## AMP T-Kernel (非対称型) 状況

UNLにて試作中(6月完成、7月より評価開始)

仕様書 版(1.B0.00)、WGで公開

評価ボード:  
μ T-Engine/MP211

UNLで試作・開発

ARM9コアを3つ搭載

I/F: CF、MMC(SD)、eTRON、LCD、Audio、シリアル、など



トロン協会  
ITRON仕様検討グループ



## ITRON仕様検討グループの活動

### T-Kernel/SEの適応化

T-Kernel/SE適応化ワーキンググループ

リーダー: 松井 研司 氏・NECエレクトロニクス株式会社

### ITRON TCP/IP API Ver.2仕様の策定

ITRON TCP/IP API 仕様メンテナンスアドホック

リーダー: 坂本 直史 氏・株式会社ルネサステクノロジ

### ITRON仕様書メンテナンス活動

ITRON仕様書メンテナンスワーキンググループ

リーダー: 宮本 博暢 氏・株式会社東芝

## T-Kernel/SEの最適化・適応 化検討

# 教育への取り組み

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

## 教育への取り組み

組込みソフトウェア技術者向け資格試験制度

トロン協会教育普及グループの活動

T-Engineフォーラムの活動

# 組込みソフトウェア技術者向け 資格試験制度

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

## 組込みソフトウェア技術者向け 資格試験制度の創設

組込みシステム業界発信の初めての認定試験

【共同実施三者】

T-Engineフォーラム

社団法人 組込みシステム技術協会

社団法人 トロン協会

## 目標

技術者のスキル資料として広く活用



技術者のスキルの尺度

技術者のモチベーションアップ

開発業務のアウトソーシング

技術者調達

プロジェクト編成

## 制度

組込みソフトウェア技術者試験 (JASA認定)

組込みソフトウェア技術者2級 (エントリーレベル)

組込みソフトウェア技術者1級 (ミドルレベル)

TRONエンジニア試験

(T-Engineフォーラムとトロン協会認定)

T-KernelやITRONを使いこなせる実践的な技術者



TRON組込みスペシャリスト認定

TRONエンジニア試験 / 組込みソフトウェア技術者1級  
両方の合格者

# トロン協会 TRON教育普及G

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

## TRON教育普及グループ

### 目的

組込みリアルタイムシステムの教育活動

TRONの各種カーネルの普及・啓蒙活動

T-Kernel

ITRON

### 活動内容

組込みリアルタイムOSの初学者用のテキスト作成

上記テキストに基づいた、講習会の開催

教育のためのWebラーニングサイトの立ち上げ

## 現在の取り組み

### 教育教材作成

超初心者向け教材 (Web)

組込みリアルタイムシステム入門 (座学編)

RTOS入門 (実習編)

### 講習会の開催 (座学・実習)

年10回程度、実習つき講習会を定期的に行う

# 超初心者向け教材 (Web)

# 1時間でわかる組込リアルタイムOS

## 目次

- CHAP 1: パソコンOSと組込みOSの違い
- CHAP 2: リアルタイムOSのメリット
- CHAP 3: リアルタイムOSのしくみ
- CHAP 4: リアルタイムOS下でのプログラミングスタイル
- CHAP 5: タスク分けと優先度付けの応用例
- 付録1 用語説明
- 付録2 TTV(Task Trace View) タスク動作シミュレータ

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

## 教材はTRON協会のWebより公開

### 1時間でわかる組込みリアルタイムOS

[TOP](#) | [NEWS](#) | [TRON PROJECT](#) | [TRON ASSOCIATION](#) | [CALENDARS](#) | [LINK](#) | [TRONSHOW](#) | [TRON 関連資料](#)

[トップ](#) > [1時間でわかる組込みリアルタイムOS-目次](#) > [Chap.1](#)

**Chap.1** [組み込みOSと組込みOSの違い](#)

#### (1) 制御システムはイベントドリブン

ボタンが押された、データを受信した、センサが感知した、・・・  
このように、何らかの処理の切り掛けになる出来事を**イベント(事象)**ともいいます。制御システムでは、このようなイベントが随時発生したり、定期的に発生したりします。イベントが発生してそれに対する処理が起動されるシステムを**イベント駆動(イベントドリブン Event driven)型**のシステムともいいます。

#### (2) イベントの検知と処理の起動

制御システムのイベントは物理的には信号の変化、例えば電位レベルの発生によってもたらされます。マイコンで検知するにはマイコンの**割込み機能**を利用する方法があります。これは割込み用端子の信号レベルが変化すると特定のプログラムを起動するというしくみを利用します。  
また、端子の信号レベル(Low またはHigh)を監視するプログラムを実行させ変化のあった時に該当する処理を起動させる方法があります。この監視操作を**ポーリング(polline)**と呼びます。

# TTV (Task Trace View) タスク動作シミュレータ



© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

47

## 組込みリアルタイムシステム入門 (講義用)

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved



# 組込みリアルタイムシステム入門(講義)

## 内容

リアルタイムシステム、組込システム、リアルタイムOSの共通した基本的知識を身につける(座学用)

トロンのアーキテクチャがベースだが、一般論にも触れている

## 対象

物理学科・機械工学科の学部出身の新入社員理系で、必ずしもCSが専門ではない

# 「組込みリアルタイムOS入門」



# 第一部 インTRODクシヨN

第一章 組み込み、リアルタイム、そしてユビキタ  
スコンピューティング

第二章 組み込みシステム

第三章 リアルタイムシステム

第四章 組込システム・リアルタイムシステムの  
開発手法

第五章 組込システム・リアルタイムの歴史と経  
緯

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

51

## どこでもコンピュータ(1)

- コンピュータはますます小型化
- コンピュータはますます安くなる



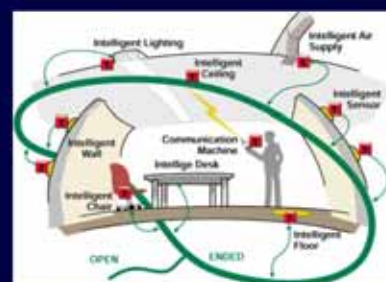
ほこり大

コイン大、楊枝  
大

名刺大

Copyright © 2002, TRON Association

## ユビキタスコンピューティング(1)



Copyright © 2002, TRON Association

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

52

## 第二部 組込みシステム、リアルタイムシステム(前半)

第一章 組込リアルタイムシステムとは？

第二章 並行処理

第三章 同期・通信

第四章 実時間処理

第五章 記憶管理



## 第二部 組込みシステム、リアルタイムシステム (後半)

### 第六章 なぜRTOSか？

### 第七章 RTOSの機能

- 7-1. RTOSとは何か？
- 7-2. タスク管理機能
- 7-3. タスク間同期管理機能
- 7-4. 同期通信機能
- 7-5. 記憶管理機能
- 7-6. 時間管理機能
- 7-7. 割り込み管理機能



## 第二部 組込みシステム、リアルタイムシステム(発展)

### 第八章 ミドルウェアが提供する機能 (組込システムにおける高度な処理)

- 8-1. ネットワーク通信
- 8-2. セキュリティー

### 第九章 組込リアルタイムシステムの開発手法

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

57

【発展】  
2. パケット通信

■ パケット通信

- データをパケットと呼ばれる小さい単位に分ける
- 各パケットにあて先のアドレスを付与して通信
- 受取ったパケットを組み合わせてメッセージを復元

※ パケット、フレーム、セルなどと呼ばれることがある。



Copyright © 2006, TRON Association



© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

58

# 講習会開催

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

## 講習会の開催実績

年間約10回程度(毎月1回)を目処に実施

実習付講習会を中心に実施

トロン協会主催の講習会

各組織に依頼された出張講習会

## 今年度開催実績

トロン協会主催(第6回)実技コース(T-Kernel編)

日程: 2006年7月12日(水) ~ 13(木)

トロン協会主催(第5回)実技コース(μITRON編)

日程: 2006年5月23日(火)、24日(水)

トロン協会主催(第4回)実技コース(T-Kernel編)

日程: 2006年4月11 ~ 12日

トロン協会主催(第3回)実技コース(μITRON編)

日程: 2006年2月2 ~ 3日

## 今後の開催予定

トロン協会主催(第7回)実技コース(μITRON編)

日程: 9月7日(木)、8日(金)

担当講師: 越塚、教育普及G委員による講師

他団体共催セミナー(μITRON編)

10月5日(木)、6日(金)開催

担当講師: 教育普及G委員による講師

トロン協会主催(第8回)実技コース(μITRON編)

10月下旬開催予定

担当講師: 越塚、教育普及G委員による講師

# T-Engineフォーラムの取組

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

## T-Engineフォーラム講習会

T-Engineフォーラムでは、会員会社を対象として、T-Engine、T-Kernelの初学者向けの講習会を開催しています(以下のいずれかを毎月開催)



はじめてのT-Engine

はじめてのT-Kernel

はじめてのT-Kernel/SE

はじめてのT-Kernelプログラミング

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

64



# T-Engine, T-Kernel, TRON 関連製品紹介

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

## 関連製品紹介

T-Engine/T-Kernel/トロンの関連製品の一覧を  
よりわかりやすくするために



### トロン協会

トロン協会会員会社によるTRON 関連製品を調査収集し、パンフ  
レット等で告知予定

### T-Engineフォーラム

T-Engineフォーラム会員組織による、T-Engine、T-Kernel関連製  
品を調査収集し、公開を開始  
<https://www.t-engine.org/products/>

# 普及・広報活動

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

## 組込総合技術展 関西 (Embedded Technology WEST 2006)

### 日時

2006年5月10日(水)～11日(木)

### 場所

マイドームおおさか(大阪府)

### 主催

社団法人 組込みシステム技術協会(JASA)  
(旧 (社)日本システムハウス協会)

# 組込総合技術展 関西 (Embedded Technology WEST 2006)

## 内容

西日本で初めて開催された組込み専門技術展  
組込み技術の最新情報と最先端製品群を展示

## 基調講演

T-Engine ~ ユビキタス・コンピューティングを目指して ~  
坂村 健 東京大学 大学院情報学環・教授

日時: 2006年5月11日(木) 13:00 ~ 14:00

場所: 大阪商工会議所 国際会議ホール

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

69

# ESEC (第9回組込みシステム開発技術展)

## 開催概要

日時: 2006年6月28日(水) ~ 30日(金)

場所: 東京ビッグサイト 東5ホール

主催: リードエグジビションジャパン株式会社

T-Engineフォーラムは協賛団体

T-Engineフォーラムが、2小間のブースを出展

## 基調講演

日時: 2006年6月28日(水) 14:30 ~ 16:00

テーマ「実用化間近のユビキタスコンピューティングと組込み技術  
の展望」

坂村 健(東京大学大学院 情報学環 教授)

© 2006 by Noboru Koshizuka, All Rights Reserved

70



## ETC KOREA 2006

(Embedded Technology Conference & Exhibition)

### 日時

2006年6月28日(水) ~ 30日(金)

### 場所

Pacific Hall, COEX, Seoul, Korea

### 主催

TECHWORLD, INC., Boraenc Inc.

T-Engineフォーラムが6小間のブースを出展



# *TRON Association*

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