



TOPPERSプロジェクトの 概要と最新状況

2014年11月21日

高田 広章

NPO法人 TOPPERSプロジェクト 会長
名古屋大学 大学院情報科学研究科 教授
附属組込みシステム研究センター長

Email: hiro@ertl.jp URL: <http://www.ertl.jp/~hiro/>

目次

TOPPERSプロジェクトの概要

- ▶ TOPPERSプロジェクトとは？、プロジェクトの組織と会員
- ▶ 主な開発成果物、主な利用事例

最近の取り組みと最新の成果

- ▶ 組込みシステムの変化、次の10年を見据えた活動指針
- ▶ 重点的に取り組んでいるテーマ
- ▶ TOPPERS第3世代カーネル, TOPPERS/ASP3カーネル
- ▶ AUTOSAR仕様ベースのSPFの開発
- ▶ TECS, SafeG, スペースワイヤOS
- ▶ TOPPERS/ECNL, LOGO Mindstorms EV3向けSPF

おわりに

- ▶ 受賞の報告、皆様へのお願い

TOPPERSプロジェクトの概要

TOPPERSプロジェクトとは?



- ▶ ITRON仕様の技術開発成果を出発点として、組み込みシステム構築の基盤となる各種の高品質なオープンソースソフトウェアを開発するとともに、その利用技術を提供

組み込みシステム分野において、Linuxのように広く使われるオープンソースOSの構築を目指す!

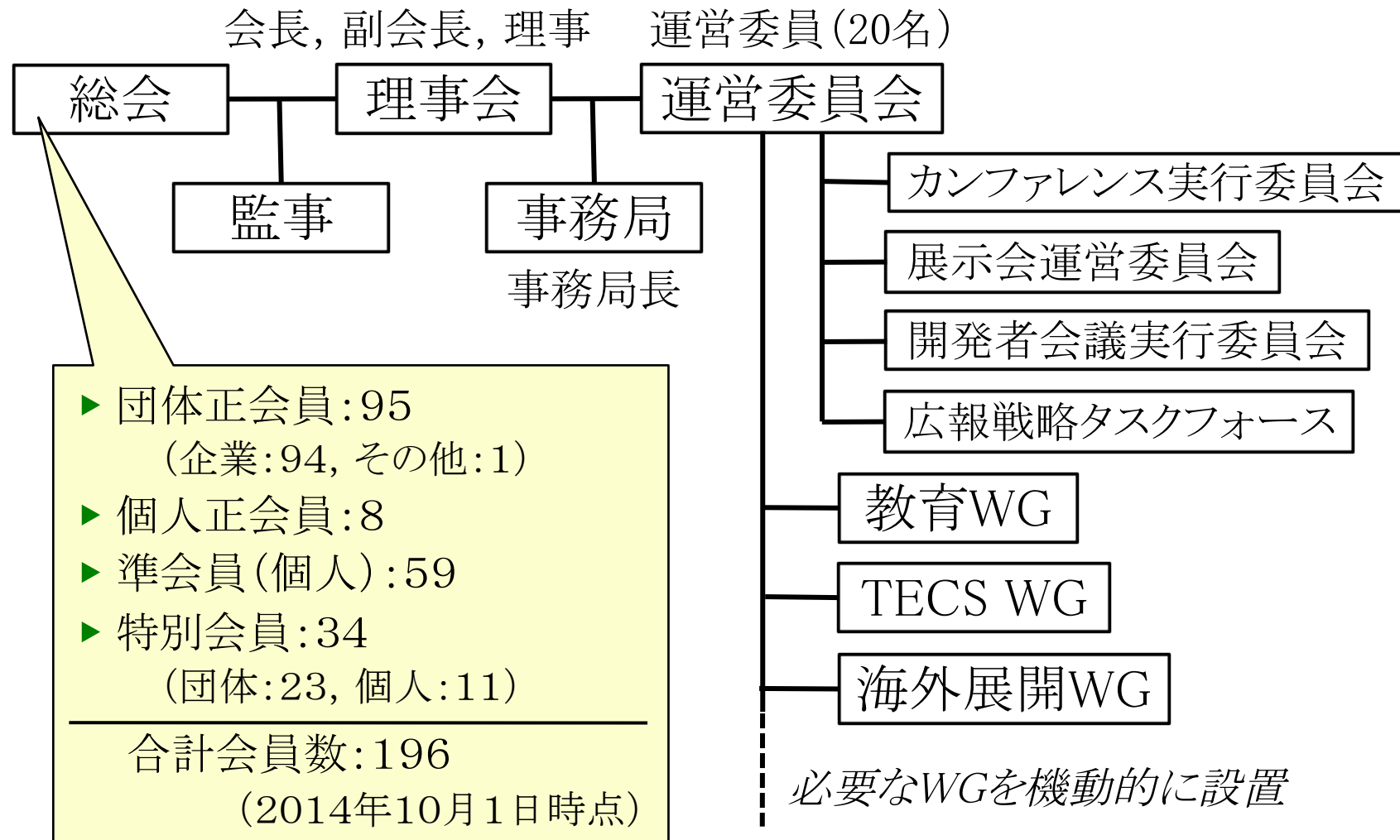
プロジェクトの狙い

- ▶ 決定版のITRON仕様OSの開発 ← **ほぼ完了**
- ▶ 次世代のリアルタイムOS技術の開発
- ▶ 組み込みシステム開発技術と開発支援ツールの開発
- ▶ 組み込みシステム技術者の育成への貢献

プロジェクトの推進主体

- ▶ 産学官の団体と個人が参加する産学官民連携プロジェクト
- ▶ 2003年9月にNPO法人として組織化

TOPPERSプロジェクトの組織と会員



主な開発成果物

一般公開しているもの

第1世代カーネル

- ▶ TOPPERS/JSPカーネル, TOPPERS/FI4カーネル
- ▶ TOPPERS/ATK1 (Automotiveカーネル バージョン1)
- ▶ TOPPERS/FDMPカーネル, TOPPERS/HRPカーネル

新世代カーネル(第2世代)

- ▶ TOPPERS/ASPカーネル, TOPPERS/SSPカーネル
- ▶ TOPPERS/FMPカーネル, TOPPERS/HRP2カーネル
- ▶ TOPPERSテストスイートパッケージ (TTSP)

AUTOSAR関連

- ▶ TOPPERS/ATK2 (Automotiveカーネル バージョン2)
- ▶ TOPPERS/A-COMSTACK
- ▶ TOPPERS/A-RTEGEN

ミドルウェア

- ▶ TINET, FatFs for TOPPERS
- ▶ CAN/LINミドルウェアパッケージ
- ▶ TOPPERS/ECNL (ECHONET Lite通信ミドルウェア)
- ▶ RLL (Remote Link Loader), DLM (Dynamic Loading Manager)

ツール, その他

- ▶ TECS (TOPPERS組込みコンポーネントシステム)
- ▶ SafeG (高信頼組込みシステム向けデュアルOSモニタ)
- ▶ TLV (TraceLogVisualizer)
- ▶ TOPPERS Builder

教育コンテンツ

- ▶ 初級・中級実装セミナー教材
- ▶ 基礎1・基礎2・基礎3実装セミナー教材
- ▶ ETロボコン向けTOPPERS活用セミナー教材

開発成果物の主な利用事例

コンシューマ機器への組み込み事例



PM-A970 (エプソン)



DO!KARAOKE
(松下電器産業)

SoftBank
945SH
(シャープ)



IPSiO GX e3300 (リコー)



GT-541 (ブラザー工業)



UA-101 (Roland)

産業機器等への組み込み事例



キザシ (スズキ)



スカイラインハイブリッド (日産)



分光測色計
CM-3700A
(コニカミノルタ)



提供: JAXA, イラスト: 池下章裕

ASTRO-H (JAXA)

<開発中>

H-IIB (JAXA)



NC装置 OSP-P300
(オークマ)

アーク溶接機
DP-350
(ダイヘン)



HDDデュプリケータ
Demi XG3031 (YEC)

最近の取り組みと最新の成果

組み込みシステムの変化

制御と情報処理の統合（統合システム，融合システム）

- ▶ 情報通信技術と組み込みシステム技術を活用したスマート社会を構築することが世界的な流れ
 - ▶ スマートグリッド，スマートコミュニティ，エネルギーITS，…
- ▶ 組み込みシステムと情報システムを結合した大規模な統合システム（融合システム）の構築が重要に

ネットワークによる機能再配置 ← クラウドコンピューティング

- ▶ それぞれのサービスの複雑化はさらに進むと思われる
- ▶ すべての機器がネットワーク接続されれば，すべての機器が汎用・多機能である必要はない
 - ！パラダイムチェンジの時期の見極めが難しい

消費電力あたりの性能の向上

- ▶ 新しいハードウェア技術の導入が必要

次の10年を見据えた活動指針 (2011年度に策定)

Smart Futureのための組込みシステム技術

- ▶ 組込みシステム技術を、持続可能なスマート社会の実現 (Smart Future) のための重要な要素技術の1つと位置づけ、その研究開発と普及に取り組む
- ▶ それに向けての研究開発課題
 - ▶ Safety & Security
 - ▶ Ecology (高エネルギー効率)
 - ▶ Connectivity

コンソーシアムによるオープンソースソフトウェア開発

- ▶ 同じ技術に関心を持つプロジェクトメンバによりコンソーシアムを結成し、複数組織の協力によりソフトウェアを開発
- ▶ 開発したソフトウェアは、TOPPERSプロジェクトからオープンソースソフトウェアとして公開

重点的に取り組んでいるテーマ

※ SPF:ソフトウェア
プラットフォーム

次世代のリアルタイムカーネル技術

- ▶ TOPPERS第3世代カーネル(ITRON系)
- ▶ 車載システム向けRTOS(AUTOSAR OS仕様からの発展)

ソフトウェア部品化技術

- ▶ TECS(TOPPERS組込みコンポーネントシステム)

組込みシステム向けSPFと開発支援ツール

- ▶ 車載制御システム向けSPF(AUTOSAR仕様ベース)
- ▶ 宇宙機向けSPF(SpaceWire OS)
- ▶ 仮想化技術(SafeG)や各種のミドルウェア
- ▶ 開発支援ツール(シミュレータ, 可視化ツール)

技術者育成のための教材開発

- ▶ プラットフォーム技術者の育成
- ▶ ETロボコン向けSPFと教材の提供

第3世代のリアルタイムカーネルへ

求められている/求められつつある技術・機能

- ▶ 機能安全からの要求に応えられるパーティショニング機能
- ▶ ティックレスの高分解能タイマと外部時刻同期
- ▶ マルチコアにおける動的ロードバランシング
- ▶ メニーコアプロセッサへの対応

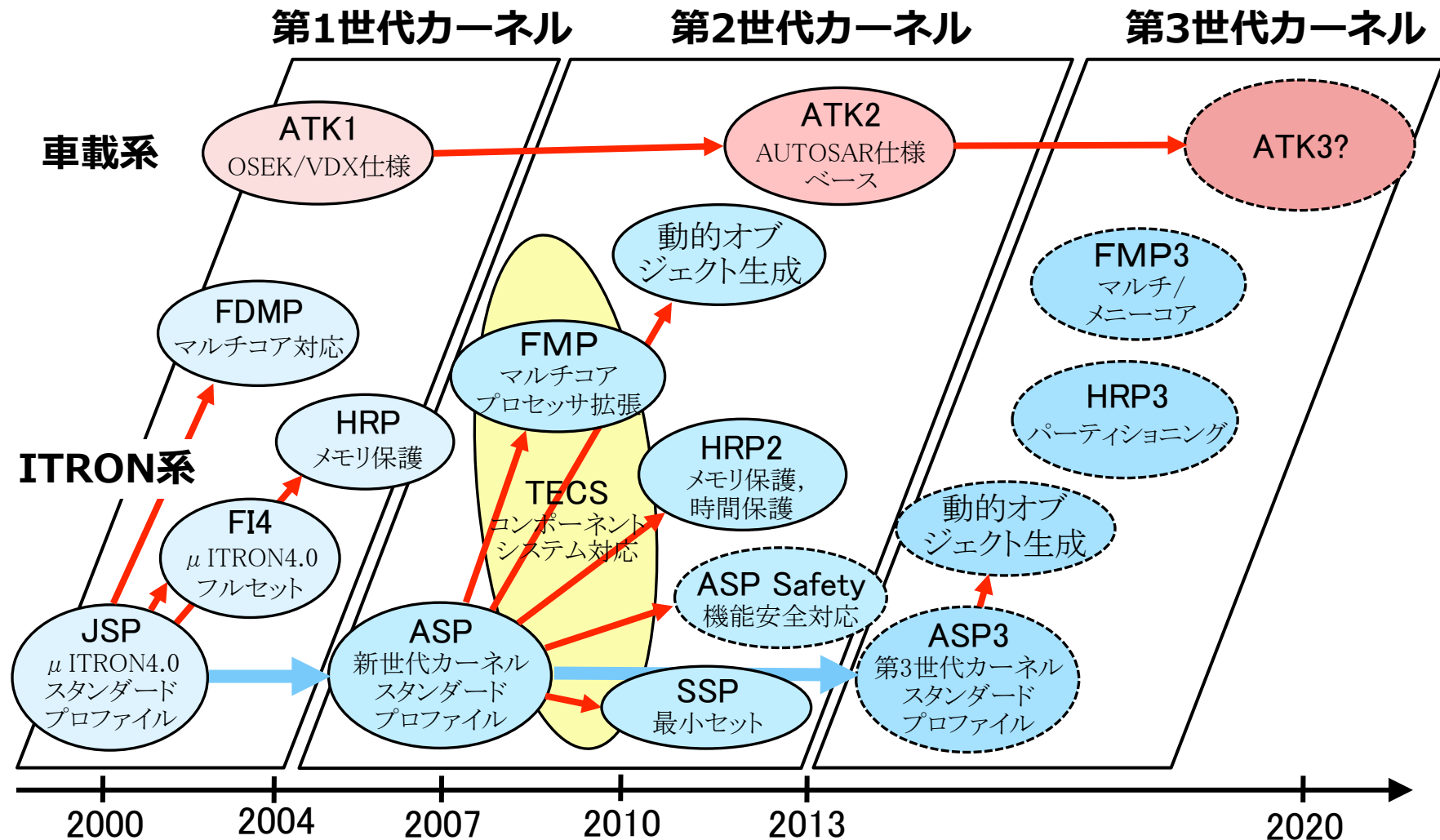
一方、削除したい機能もある

- ▶ 高信頼性システムには不向きと考えられる機能(タスク例外処理機能, メールボックス)

TOPPERS第3世代カーネルへ

- ▶ 現状のリアルタイムカーネル(第2世代)の次の世代と位置付けた方が, 大胆な仕様が導入できる
- ▶ 第3世代においても, 2系列(ITRON系, 車載系)のリアルタイムカーネル開発は, 引き続き維持していく

TOPPERSカーネル開発ロードマップ



TOPPERS/ASP3カーネル

位置づけ

- ▶ TOPPERS第3世代カーネル(ITRON系)の出発点
- ▶ TOPPERS/ASPカーネルの改良版

新しく実装した機能(主なもの)

- ▶ タスク終了要求機能 … タスク例外処理機能に代えて導入
 - ▶ アプリケーション単位の安全な終了/再起動に必要と考えられる機能を定義
- ▶ 高分解能(マイクロ秒単位)の時間管理
- ▶ ティックレスタイマ … 省電力化に貢献
- ▶ 外部時刻同期のための機能
 - ▶ システム時刻の調整(adj_tim)
 - ▶ ドリフト量の設定(set_dft) … 拡張パッケージで実装
 - ▶ システム時刻の参照/設定(get_tim/set_tim)

実装の改良

- ▶ タスク例外処理機能を削除したことに伴う実装の単純化
- ▶ RTOSのコア部分に踏み込んで細かな改良を実施

開発状況とリリース計画

- ▶ ターゲット非依存部の実装が完了(さらに改良を加える可能性はある)
- ▶ 会員向けの早期リリースを開始
 - ▶ TOPPERSプロジェクト会員は、開発レポジトリ(Trac/svn)にアクセス可能

今後の計画

- ▶ 各種のプロセッサへのポーティング
- ▶ HRP3カーネル(パーティショニング機能を追加), FMP3カーネル(マルチコア対応)などの開発に取り組む

AUTOSAR仕様ベースのSPFの開発

問題意識と取り組み

- ▶ AUTOSAR仕様準拠SPFは、海外企業が開発競争で優位に. 近い将来, すべて海外製になる可能性も
- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター(NCES)と複数の企業によるコンソーシアム型共同研究で取り組み

ATK2コンソーシアム

- ▶ 2011～2013年度に実施. 13社が参加
- ▶ 一般公開している開発成果
 - ▶ TOPPERS/ATK2 (Automotiveカーネル バージョン2)
 - ▶ TOPPERS/A-COMSTACK
 - ▶ TOPPERS/A-RTEGEN

APコンソーシアム

※ AP: Automotive Platform

- ▶ 2014年度に開始. 25社が参加中 (オブザーバ参加を含む)

研究開発の目標

- ▶ AUTOSAR仕様をベースとして、**その問題を解決し、日本の自動車産業のニーズに合致した、軽量で高品質なSPF**を開発する
 - ▶ AUTOSAR仕様に対して大幅な修正(改良)を行うような研究開発も実施する
- ▶ 開発するSPFを、**グローバルに有力な車載制御システム向けSPF**のトップ3の内の1つとすることを目指す

目標に向けてのアプローチ

- ▶ 開発したSPFは、TOPPERSプロジェクトからオープン化することを基本とする
 - ▶ 目標達成のためには、多くの企業の協力を得る必要があり、オープン化(無償公開)はそのための手段
- ▶ ただし、品質確保に用いる開発成果については、コンソーシアムメンバー以外には有償でライセンスする

AUTOSARの技術的課題

- ▶ 大きいオーバヘッド
 - ▶ 実行時オーバヘッドが大きく、ECUのコストアップに
- ▶ 機能安全への対応が非効率
 - ▶ 機能安全への対応が後付けで、非効率的
- ▶ マルチコアへの対応が不十分
 - ▶ マルチコア向け拡張は、まだ大きい改良が必要
- ▶ 完成度の低い仕様
 - ▶ 曖昧な仕様や不整合が数多く残っている
- ▶ 理想と遠いコンフィギュレーションツール
 - ▶ 本来はハードウェアの違いを吸収してくれるはずだが…
- ▶ 技術を理解している技術者の不足（技術的課題ではない）
 - ▶ これらの課題克服のためには、AUTOSARの技術を正しく理解している技術者の育成が必要

APコンソーシアムの参加企業(25社)

*は部分参加

†はオブザーバ参加

- ▶ アイシンコムクルーズ(株)
- ▶ イーソル(株)*
- ▶ (株) ヴィッツ
- ▶ (株) 永和システムマネジメント†
- ▶ SCSK(株)
- ▶ (株) OTSL†
- ▶ オムロン オートモーティブエレクトロニクス(株)†
- ▶ (株) サニー技研
- ▶ (株) ジェイテクト *
- ▶ スズキ(株)
- ▶ (株) デンソー *
- ▶ (株) 東海理化電機製作所 *
- ▶ (株) 東芝
- ▶ (株) 豊田自動織機
- ▶ (株) 豊通エレクトロニクス†
- ▶ 日本電気通信システム(株)
- ▶ パナソニック(株)†
- ▶ パナソニック アドバンステクノロジー(株)
- ▶ 富士通テン(株)
- ▶ 富士ソフト(株)
- ▶ マツダ(株)†
- ▶ ルネサス エレクトロニクス(株)
- ▶ 矢崎総業(株)
- ▶ ヤマハ発動機(株)†
- ▶ 菱電商事(株)†

APコンソーシアムの研究開発項目(2014年度)

- (a) TOPPERS/ATK2の機能安全規格対応 **さらなる品質向上**
 - ▶ ATK2を機能安全規格対応するために不足している開発項目(設計書ベースの検証, 既存の検証スイートで不足しているテストの開発など)を実施
- (b) 時間パーティショニング機能の検討・開発 **新機能の提案**
 - ▶ 機能安全要件を満たす時間のパーティショニング機能を検討・開発(AUTOSAR仕様に対する大幅な修正)
- (c) BSWモジュールの開発 **開発範囲の拡大**
 - ▶ CAN通信スタックのマルチコア向け最適化
 - ▶ ウォッチドックマネージャの開発
- (d) RTEジェネレータの拡張とインテグレーション
 - ▶ RTEジェネレータの拡張
 - ▶ 開発成果がインテグレーションできることの確認

TECS (TOPPERS組込みコンポーネントシステム)

TECSとは?

- ▶ 各種のソフトウェアモジュールを部品化し、必要な部品を組み合わせることによって大規模な組込みソフトウェアを効率的に構築するための技術

TECSの特徴とアプローチ

- ▶ コンポーネント間の結合を静的にし、最適化を可能に
- ▶ すべてのソフトウェアをコンポーネントとして扱える
- ▶ 遠隔呼出し(RPC)のためのコンポーネントをツールにより生成

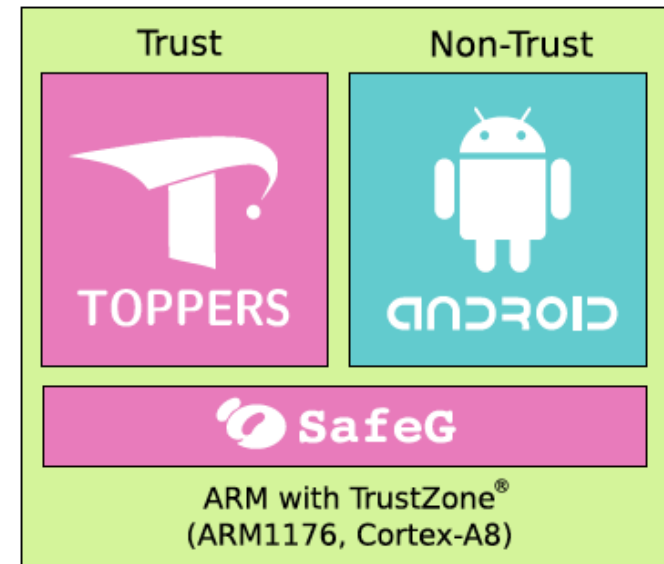
最近の取り組みと成果

- ▶ 2013年6月に、軽量Rubyとの連携機能などをリリース
- ▶ TINETのコンポーネント化, HRP2カーネルのサポート機能, TECS GUIツールなどを開発中

SafeG

SafeGの概要

- ▶ 1つのマイクロプロセッサ上で、汎用OS (LinuxとAndroid) とRTOSを安全に共存して動作させるデュアルOSモニタ
- ▶ ARM TrustZone技術を用い、RTOSをTrust状態、汎用OSをNon-Trust状態で実行
- ▶ 汎用OSにセキュリティホールがあり、特権モードで不正なプログラムが動作しても、RTOS側を保護できる



リリースと開発の状況

- ▶ 2011年6月に、オープンソースとして配布開始
- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センターと高田研究室で各種の拡張開発が進行中

スペースワイヤOS

スペースワイヤ(SpaceWire)とは？

- ▶ 次世代の宇宙機向け通信ネットワーク規格
- ▶ 国内外の科学衛星への採用が始まっている
- ▶ 国内においては、JAXA 宇宙科学研究所(ISAS)が中心になって研究開発

スペースワイヤOSの構成

- ▶ カーネルにTOPPERS/HRP2カーネルを利用
- ▶ スペースワイヤ上での通信機能を実現するミドルウェア

研究開発の計画

- ▶ 名古屋大学 組込みシステム研究センター(NCES)とJAXAの共同研究により開発
- ▶ TOPPERSプロジェクトより、オープンソースソフトウェアとして公開予定

TOPPERS/ECNL (ECHONET Liteミドルウェア)

ECHONET Lite(エコーネットライト)とは？

- ▶ エコーネットコンソーシアムが策定したプロトコル
- ▶ ISO規格およびIEC規格として国際標準化
- ▶ 日本国内でのHEMS標準プロトコルとして認定

開発とリリースの経緯

- ▶ TOPPERSプロジェクトからコアーズ(株)に開発委託
- ▶ 2014年10月にオープンソースソフトウェアとして公開

TOPPERS/ECNLの特徴

- ▶ ECHONET Lite規格に準拠した機器向けの通信スタック
- ▶ TOPPERS/ASPカーネルとTINET(TOPPERSの開発成果物であるTCP/IPプロトコルスタック)上で動作
- ▶ TOPPERSのコンフィギュレータを使用して、静的APIの記述で、機器のオブジェクトとプロパティを定義

LEGO Mindstorms EV3向けSPF

LEGO Mindstorms EV3

- ▶ LEGO Mindstormsシリーズ(ETロボコンで採用)の最新版
 - ▶ 2013年9月発売
- ▶ ETロボコン2015で使用する予定

SPFの構成

- ▶ TOPPERS/HRP2カーネル＋動的生成機能拡張
 - ▶ TOPPERS新世代カーネル仕様(μ ITRON仕様ベース)に準拠したメモリ保護機能を持つRTOS
- ▶ アプリケーションプログラムの動的ローディング機能
- ▶ 各種周辺デバイス向けのデバイスドライバとミドルウェア



おわりに

受賞の報告

- ▶ 第12回(平成26年度)産学官連携功労者表彰において、高田広章(名古屋大学)とNPO法人 TOPPERSプロジェクトが、「オープンソースの組込みリアルタイムOSの開発・普及」によって、科学技術政策担当大臣賞を受賞しました



皆様へのお願い

利用事例の報告に関するお願い

- ▶ 利用事例を紹介することは、さらなる採用の促進やプロジェクトの発展につながる → ユーザにも利益が返ってくるはず
 - (1) 利用事例の把握率を上げたい
 - (2) 利用事例を公開させていただける比率を上げたい
- ▶ *TOPPERSのユーザには、利用報告をお願いしたい*

会員増加への協力のお願い

- ▶ TOPPERSプロジェクトは、活動資金を、広く薄く負担していただくという考え方で運営
- ▶ *TOPPERSのユーザやサポータには、プロジェクトへの入会をお願いしたい*