



組込みシステムにおけるROS 2の動向と RTOSの対応

佃 明彦

ソリューションエンジニアリング事業部

イーソル株式会社

組込みシステムにおけるROS 2の動向

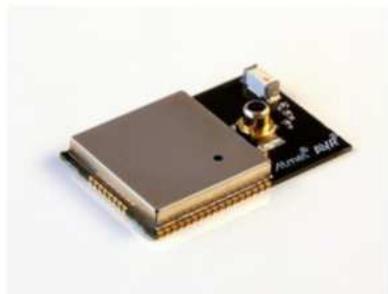
Goals of ROS 2



Support multi-robot systems
involving unreliable networks



製品開発への適用



組み込みマイコン対応



リアルタイム制御



Cross-platform
support

State of ROS 2

<http://roscon.ros.org/2015/presentations/state-of-ros2.pdf>

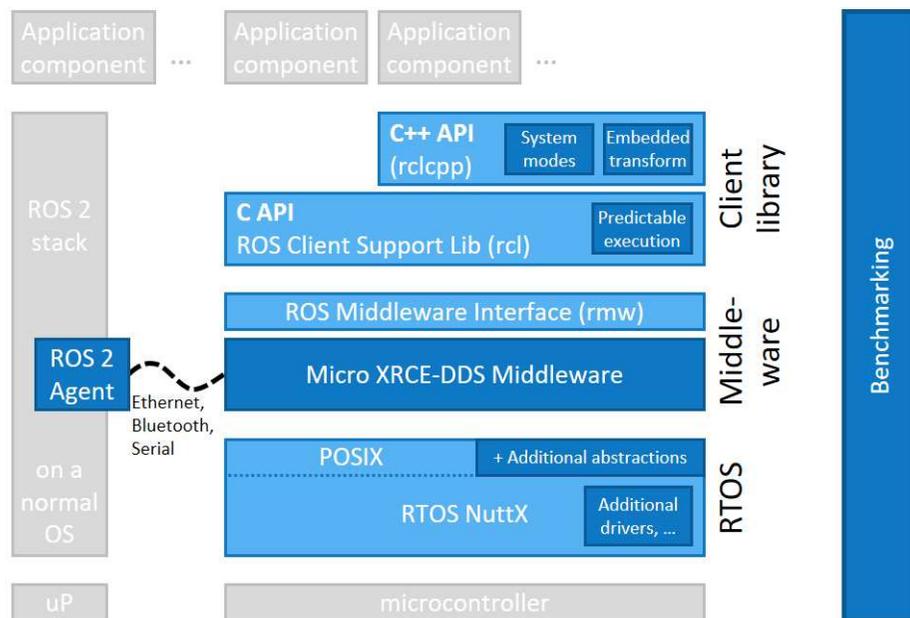
2019-09-25

ROS 2の組み込みマイコン対応

EU/OFERAプロジェクトのmicro-ROS

マイコン向けのROS 2アーキテクチャ

- 組み込み用Client library (Real-time Executor等)
- Agent-Client方式のDDS通信 (DDS-XRCE)
- マイコン用RTOSでの評価 (NuttX, FreeRTOS等)



Embedded WG

- 組み込み環境でのメモリサイズ調査やパフォーマンス改善
- micro-ROSを使ったデモの紹介
- 今後はEmbedded Linuxも対象に



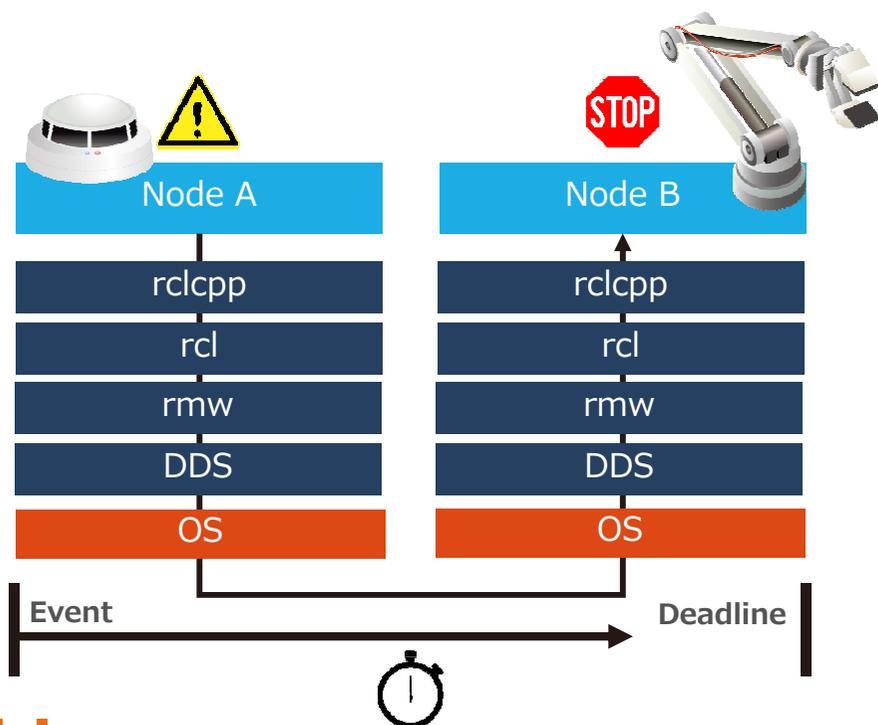
GR-ROSEも!

Architecture | micro-ROS
<https://micro-ros.github.io/docs/overview/>

ROS 2のリアルタイム制御

ROS 2の各レイヤでリアルタイム化の議論が開始

- ノード内処理 (rclcpp、rcl、rmw、その他ライブラリ)
- ノード間通信 (DDS、Intra-process通信)
- OS (カーネル、デバイスドライバ)



Realtime WG

- ROS2内部実装のリアルタイム化
- 静的/動的解析やトレースツールによる検査
- 組み込みボード上でperformance_testのCI

ROS 2の製品開発への適用

CIによるコード品質の検査

サニタイザによる解析

- Address Sanitizer (ASan)
- Thread Sanitizer (TSan)

プロジェクト nightly_linux_address_sanitizer



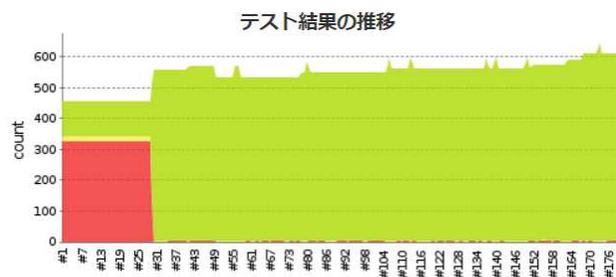
変更履歴



最新のテスト結果 (2個の失敗 / +2)

永続リンク

- [最新のビルド \(#180\) 19 時間 前](#)
- [最新の安定ビルド \(#179\) 1 日 19 時間 前](#)
- [最新の成功ビルド \(#180\) 19 時間 前](#)
- [最新の失敗ビルド \(#75\) 3ヶ月 16 日 前](#)



プロジェクト nightly_linux_thread_sanitizer



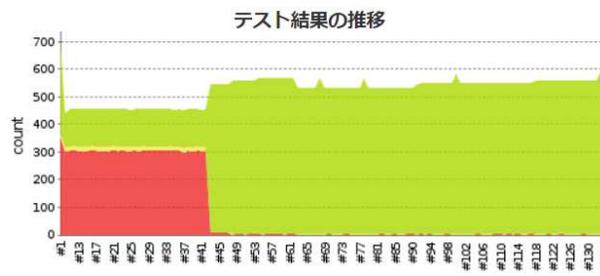
変更履歴



最新のテスト結果 (全て成功)

永続リンク

- [最新のビルド \(#134\) 23 時間 前](#)
- [最新の安定ビルド \(#134\) 23 時間 前](#)
- [最新の成功ビルド \(#134\) 23 時間 前](#)



<https://ci.ros2.org/>



ROS 2の品質特性を向上させるためのWG活動

- Quality Assurance WG
- Safety-critical WG
- Security WG

RTOSの対応

ROS 2になぜRTOSが必要か?

設計者がシステムのリアルタイム性を担保するための機構

スケジューリング

- 優先度ベーススケジューラの利用
- リアルタイムスレッドの分離

メモリ管理

- ページフォルトやTLBミスの防止
- 処理時間一定のメモリアロケータ

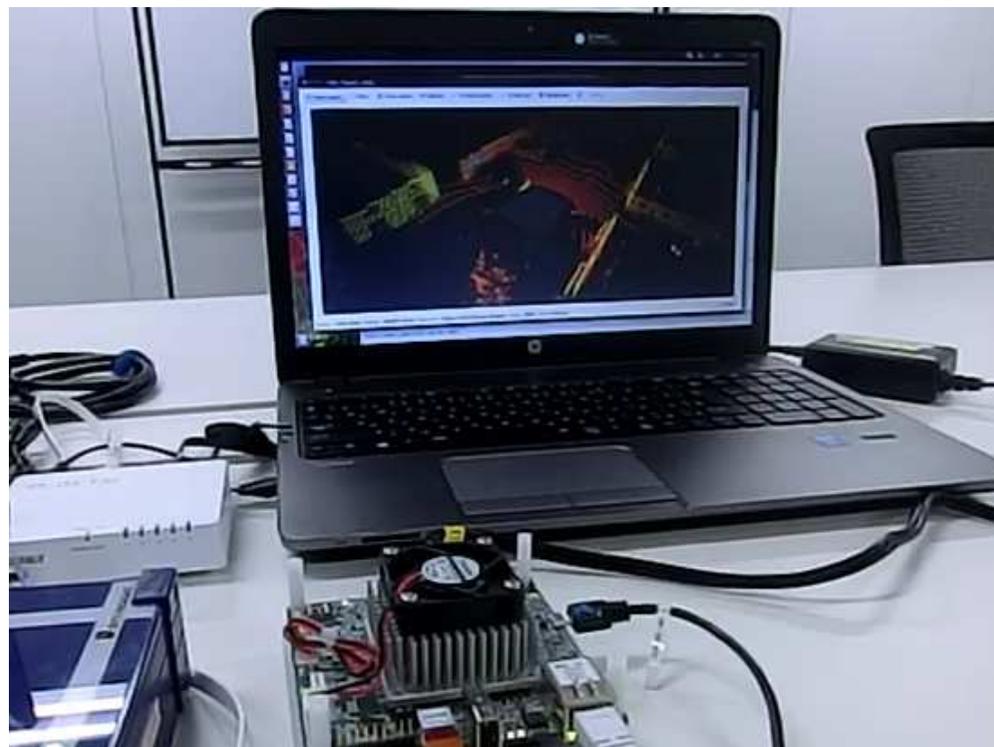
同期プリミティブ

- 優先度逆転の回避
- 無限待ちの回避

リアルタイム性保護機構

- CPU時間の割り当てに基づく時間保護

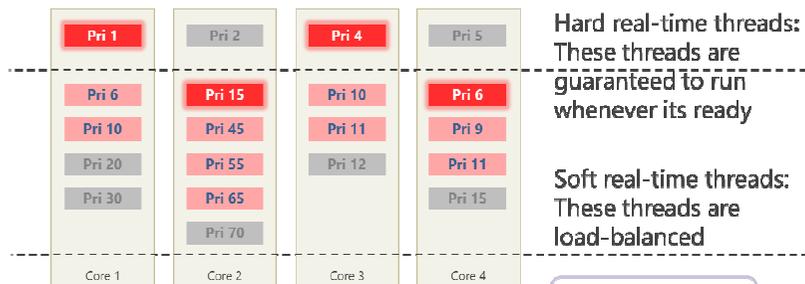
EmbeddedやRealtimeのWGで検討中のリアルタイム実装に欠かせない機能



Autoware.Auto demo on R-CarH3

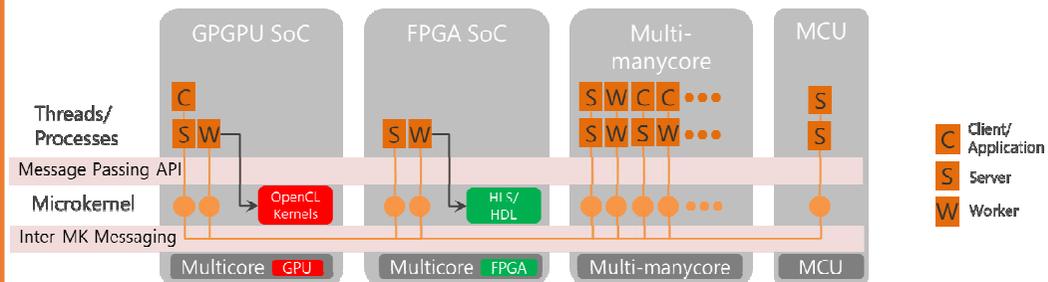
スケーラブルRTOS eMCOS

Deterministic



セミプライオリティベーススケジューリング
(特許第5734941号、5945617 取得)

Scalable



独自の分散型マイクロカーネルアーキテクチャにより
シングルコア、メニーコア、マルチチップまでサポート

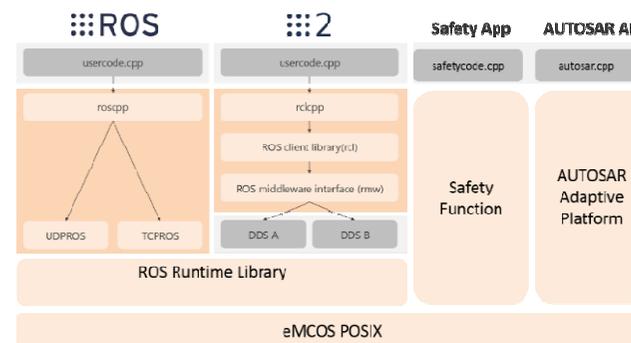
Verified and Certified



最新バージョンはISO26262 ASIL Dで認証取得活動中



Ready for ROS & ROS 2



ROS と ROS 2 をサポート

eMCOSのROS/ROS 2対応

GCCツールチェーンの開発

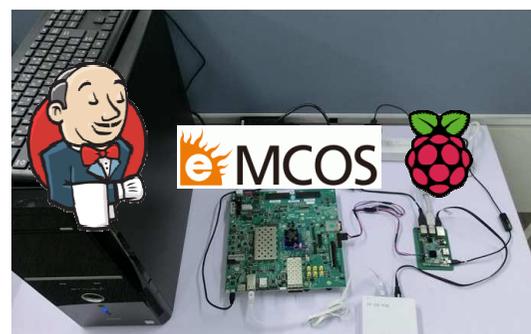
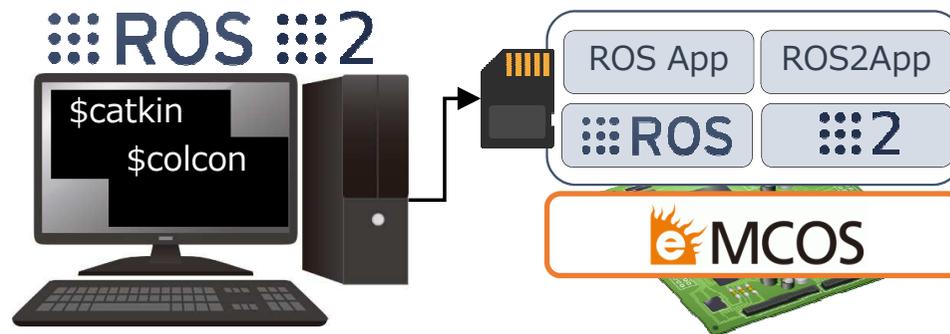
- eMCOS用にROS/ROS 2アプリケーションをクロスビルドするGCCツールチェーン
- catkin, colconへのインテグレーション

組み込みボードを使ったCI

- ROS1 (ros_comm/roctest他)
- ROS2 (ros2/system_tests他)
- C/C++ライブラリ (libc, stdc++, boost)

今後の予定

- GitHubでのツールチェーン公開
- ROS/ROS 2評価パッケージの提供
- eMCOSが持つリアルタイムなメッセージングの統合



組みみやリアルタイムでの利用に向けて
ROS 2は大きく進化中

組みみやリアルタイムが得意な
日本のロボットメーカーを中心に、
早くROS 2を使ってフィードバックを！！

参考情報

micro-ROS

- OFERA, micro-ROS | ROS 2 for microcontrollers, <https://micro-ros.github.io/>
- OMG, About the DDS For Extremely Resource Constrained Environments Specification Version 1.0 beta 2, <https://www.omg.org/spec/DDS-XRCE/About-DDS-XRCE/>

ROS 2のリアルタイム実装

- ros2/realtime_support: Minimal real-time testing utility for measuring jitter and latency., https://github.com/ros2/realtime_support
- Jackie Kay et al., Real-time control in ROS and ROS 2.0, <https://roscon.ros.org/2015/presentations/RealtimeROS2.pdf>
- Introduction to Real-time Systems, http://design.ros2.org/articles/realtime_background.html
- Proposal for Implementation of Real-time Systems in ROS2, http://design.ros2.org/articles/realtime_proposal.html

eMCOS

- eSOL, メニーコアプロセッサ対応スケラブルリアルタイムOS, <https://www.esol.co.jp/embedded/emcos.html>
- GitHub esol-community, <https://github.com/esol-community>



Thank you.

We are hiring!!

特に関西のROSエンジニアを募集中

www.esol.co.jp

本発表の一部は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務で得られたものです