

ROS ノード軽量実行環境 mROS の TOPPERS/ASP3 カーネルへの対応

今西 洋偉^{1,a)} 高瀬 英希¹ 高木 一義¹ 高木 直史¹

概要: 我々が開発している mROS とは、ロボットソフトウェア開発支援フレームワークおよび通信ミドルウェアである ROS を、Linux を搭載できない中規模の組込みマイコンで動作可能とする軽量実行環境である。本研究では、mROS で採用するリアルタイム OS を TOPPERS/ASP3 カーネルに対応させることに取り組む。これによって、現状の実装よりも mROS 内の ROS ノード処理の省電力化および高精度な制御が可能になること、また mROS の汎用性向上につながる事が期待できる。本稿では本研究によって得られる貢献を示し、現在の取り組みについて述べる。

キーワード: ROS, 組込み機器, リアルタイムカーネル

1. はじめに

近年、社会生活を支援することを目的としたモバイルロボットの需要が高まっている。これらのロボットは内部電源のエネルギーによって動作する。加えて、要求されるサービスは高い精度が必要なものであることが多い。このためロボットが提供するサービスの品質向上には、精度向上および省電力化が不可欠である。

ロボットシステムの開発を支援する様々なソフトウェアフレームワークが注目を集めている。中でも特に注目を集めているものとして ROS (Robot Operating System) [1] が挙げられる。ROS では、機能を実現するプログラムをノードという一つの単位として表現し、複数のノードを目的に応じて組み合わせることでロボットシステムを実現する。ノード間の通信は、トピック名でデータの種別を識別し、出版されるメッセージを購読する出版購読通信方式で行われる。ROS は、Linux カーネルの提供するプロセス管理システムやファイルシステムを利用しながら、ノード間通信層をミドルウェアとして提供している。

ROS1 は Linux/Ubuntu 上での動作を想定した実装のみが提供されている。そのため Linux が動作する高機能かつ消費電力の大きいデバイスを採用する必要があった。そこで我々は、組込みマイコン向け ROS ノード軽量実行環境である mROS[2] の研究開発に取り組んでいる。mROS は

組込みマイコン上で ROS ノードの実行を可能にする通信ライブラリを提供する。

本研究では、mROS を TOPPERS/ASP3 カーネルに対応させることに取り組む。ASP3 カーネルは現在 mROS に採用している ASP カーネルの次世代版であり、対応させることで mROS の汎用性を向上させるとともに mROS 上で動作する ROS ノード管理の時間精度向上と省電力化を期待できる。

2. mROS

mROS[2][3] は、我々が 2018 年から開発している、組込みマイコン向け ROS ノード軽量実行環境である。ホストデバイスと組込みマイコンからなる分散ロボットシステムを想定し、従来、Linux を搭載できない組込みマイコン上でも、タスクとして ROS ノードを実行させ、ひいてはロボットシステムの省電力化、およびリアルタイム性の保証の容易化を目的としている。

mROS を搭載したマイコンは ROS 通信層と通信するために組込みシステム向け TCP/IP スタックを採用する必要がある。また、組込みマイコンからホストデバイスとの通信処理、組込みマイコン上で動作するプログラム資源を管理する機能を獲得する必要がある。これらの要件について前者に対してはオープンソースとして広く用いられている lwIP を、後者に対してはリアルタイム OS である TOPPERS/ASP カーネルを採用した。mROS の概要を図 1 に示す

¹ 京都大学大学院情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kyoto University

^{a)} emb@lab3.kuis.kyoto-u.ac.jp

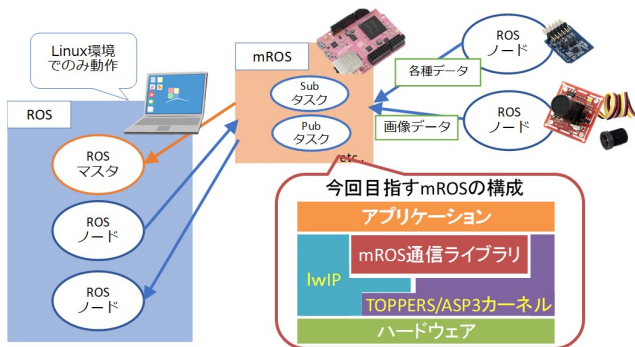


図 1 mROS を用いた分散ロボットシステム

3. mROS の ASP3 カーネルへの対応

3.1 ASP3 カーネルの利点

現在 mROS に採用している TOPPERS/ASP カーネル [4] は国産リアルタイム OS である μ ITRON4.0 仕様のスタンダードプロファイルをベースに拡張, 改良を加えたリアルタイムカーネルである. 軽量であることに加え, 実行単位であるタスクや排他制御資源であるセマフォおよびデータキューなどの資源を静的に生成するなど組み込みシステムに適している特徴を持つ. ASP3 カーネルは ASP カーネルに様々な求められる機能を加えたものである. その ASP3 カーネルの主な特徴として以下が挙げられる.

1. ティックレスカーネル
2. マイクロ秒単位の高分解能時間管理機能

1 について, これまで ASP カーネルでは, 定期的なタイマー割込み処理によってティックを増加させシステム時刻を更新していた. しかしこの場合, CPU が, たとえ実行プロセスが無いアイドル状態であったとしてもタイマー割込み処理が行われ一定の電力を消費していた. ティックレス仕様になることで, 必要な時限イベントにのみ割込みを入れるオンデマンド型のタイマー割込みになり, よりアイドル状態における省電力化が期待できる. また 2 について, システム時刻は, ASP カーネルではミリ秒単位だったが, ASP3 カーネルでマイクロ秒単位に改変された. これにより, ユーザーはこれまで以上に高精度な制御を実現できる. mROS に ASP3 カーネルを対応させこれらのメリットを享受することで, 組み込みマイコンを含んだ分散 ROS ロボットシステムの省電力化と精度向上につながると思われる.

3.2 mROS の汎用性向上

現在 mROS は, ボードには GR-PEACH, リアルタイム OS には TOPPERS/ASP カーネル, TCP/IP スタックには lwIP を含んだ mbed ライブラリをそれぞれ採用している. 将来的に mROS を様々なボード, リアルタイム OS, TCP/IP スタックに対応させていくため, 依存関係や他レ

イヤとのインターフェースを整理する必要がある. 現在の具体的な構想として, 様々なリアルタイム OS の, タスク起動, セマフォ, データキューなど, mROS に必要な概念や関連する API を整理し, mROS ユーザーが簡単なコンフィギュレーションでリアルタイム OS を選択できるような構成を目指している. 本研究では, ASP3 カーネルに対応させることで mROS の汎用性を向上させる足がかりになることも期待している.

3.3 現在の取り組み

京都マイクロコンピュータ社が開発した SOLID [5] を使用して ASP3 カーネル対応の mROS を開発している. SOLID はリアルタイム OS と clang コンパイラが一体化した開発プラットフォームである. 使用している SOLID 評価ボードは GR-PEACH と同じく RZ/A1H マイコンを搭載しているが, FlashROM は GR-PEACH の半分の 4MByte である. リアルタイム OS として ASP3 カーネルを, また TCP/IP プロトコルスタックに lwIP を使用しているため, mROS の ASP3 カーネル対応に適している.

4. まとめ

本研究では, ROS ノード軽量実行環境 mROS を TOPPERS/ASP3 カーネルに対応させることに取り組んでいる. ASP3 カーネル対応を実現させることで, 組み込みマイコン上で動作する ROS ノードをより省電力かつ高精度に制御できることが期待できる. また mROS の他レイヤとのインターフェースを整理することで汎用性を向上させられると考える.

mROS を ASP3 カーネルに対応させた応用例として, 省電力の面では内部電源で駆動するモバイルロボットや IoT 機器, 高精度な制御ができる面では高速に動く FA 機器の位置情報取得などが考えられる.

謝辞 本研究の一部は, JST さきがけ JPMJPR18M8 および JSPS 科研費 18K18024 の支援を受けたものである.

参考文献

- [1] Quigley, Morgan, et al. "ROS: an open-source Robot Operating System." ICRA workshop on open source software. Vol. 3. No. 3.2. 2009.
- [2] Takase, Hideki, et al. "Work-in-Progress: Design Concept of a Lightweight Runtime Environment for Robot Software Components Onto Embedded Devices." 2018 International Conference on Embedded Software (EMSOFT). IEEE, 2018.
- [3] 森智也, 高瀬英希, 高木一義, 高木直史.(2017). mROS:組み込みデバイス向け ROS ノード軽量実行環境 電子情報通信学会技術研究報告 117(274), 221-226.
- [4] TOPPERSproject:TOPPERS/ASP kernel, 入手先 (<https://www.toppers.jp/asp-kernel.html>)
- [5] 京都マイクロコンピュータ社 SOLID 入手先 (<https://solid.kmckk.com/SOLID/>)