

Now and Next about **in2**

高瀬 英希, 細合 晋太郎, 檜原 陽一郎,
田中 晴亮 (東京大学), 森田 正二 (イーソル株式会社)

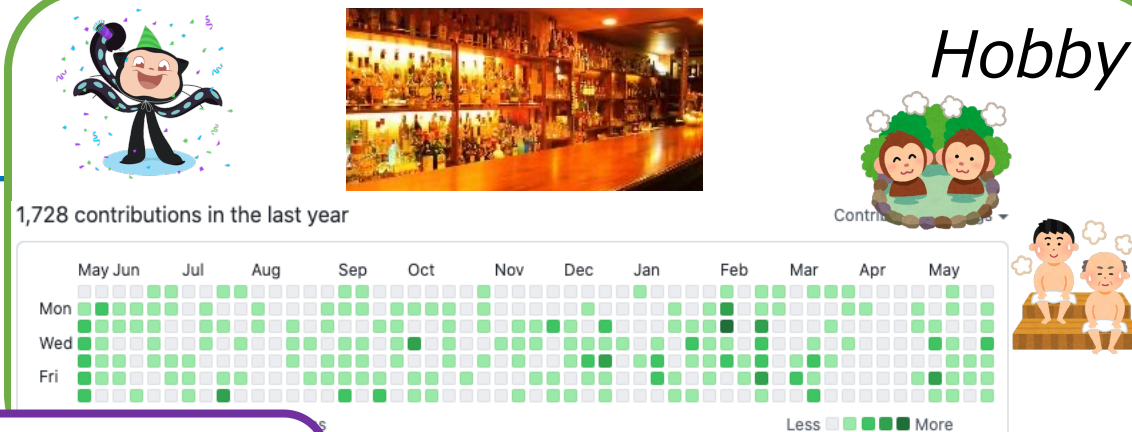
本研究の一部は, JST CREST JPMJCR21D2 の支援ならびに
国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究 (04001) により
得られたものである.



Affiliation



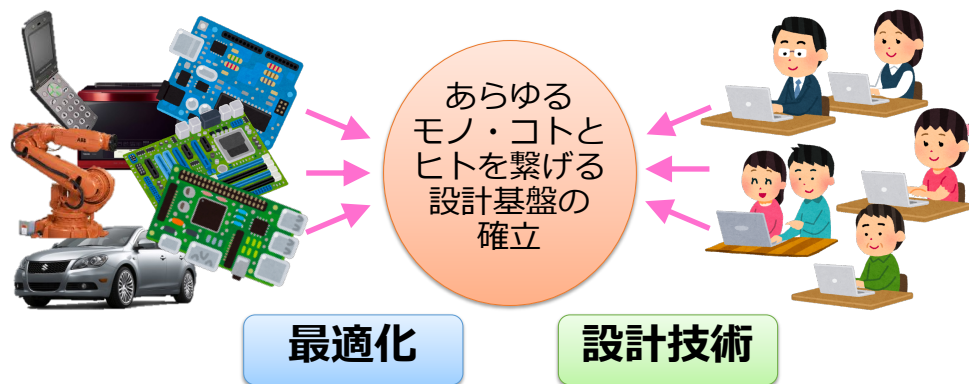
Hobby



@takasehideki

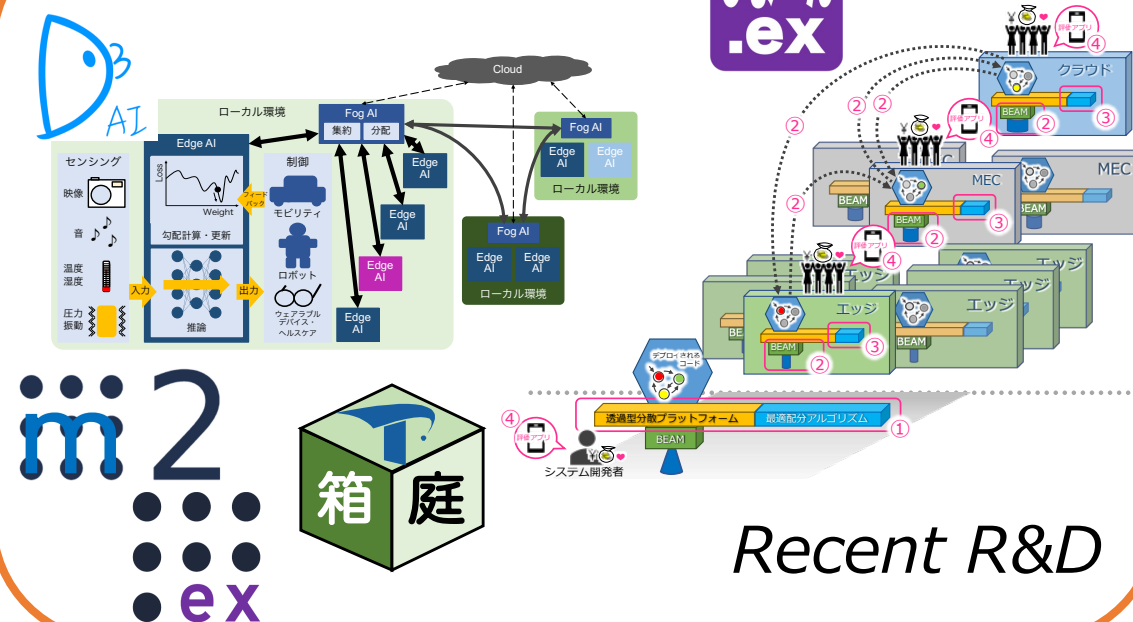


組込み/IoTコンピューティング基盤を支える プラットフォーム技術と設計方法論



Mission

良いモノを誰でも楽に
 つくることができる世界へ

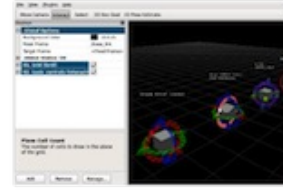


Recent R&D

ROS2 meets EMB for IoT!!



Plumbing



Tools

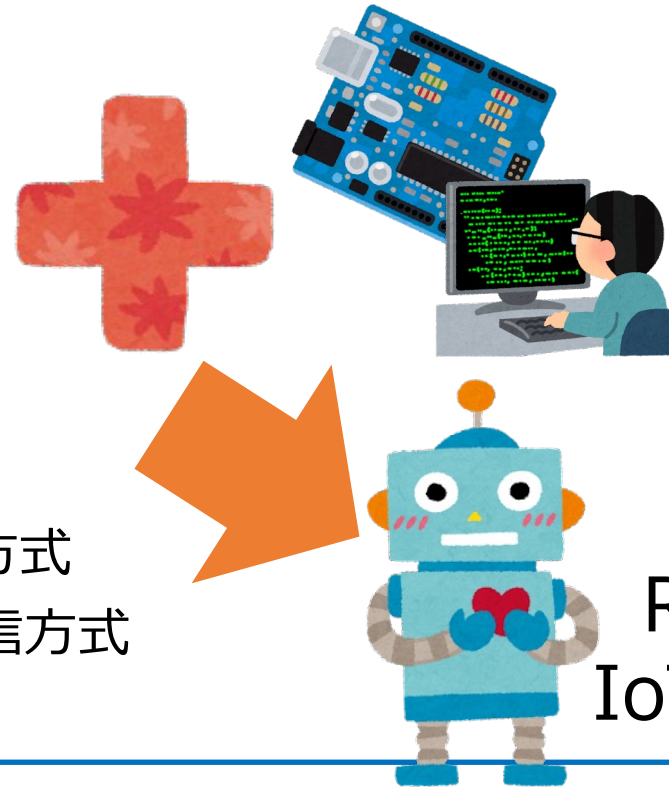
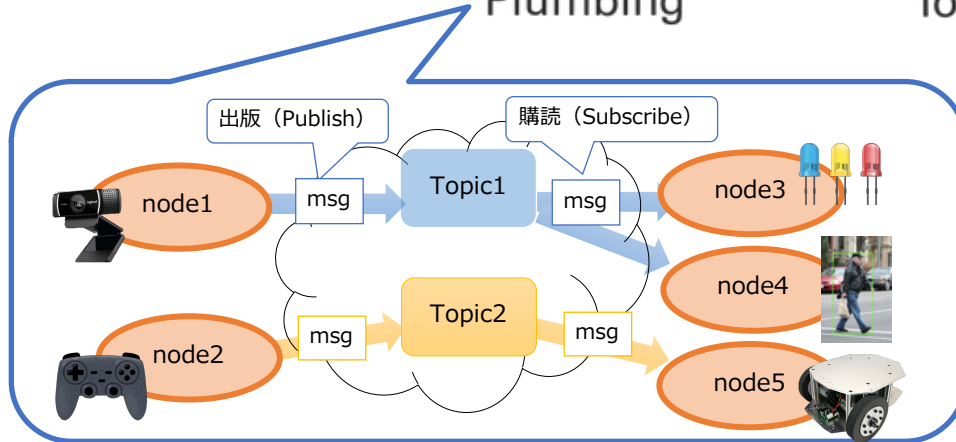


Capabilities

<http://www.ros.org/about-ros/>



Ecosystem



- **通信性能**の向上
 - 応答性：遅延時間
 - リアルタイム性：遅延変動
- **消費電力**の削減

- ROSの本質は**通信**にあり
 - ROSノード (機能単位) の疎な結合方式
 - ROS 2ではDDS/RTPSに則った通信方式
 - 基本は**Topic**を介した出版購読型

ROS2/DDS通信技術のIoT分野への展開にも期待



mROS-base/mros2

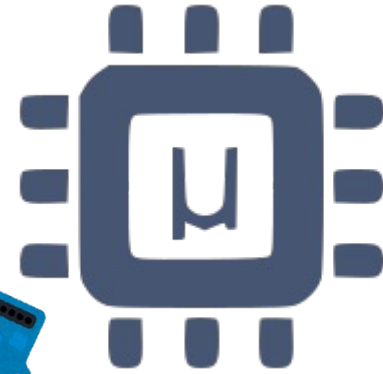
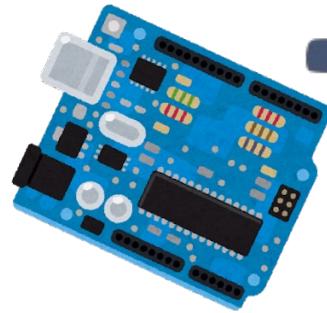
2x どうやって “組み込む” か？



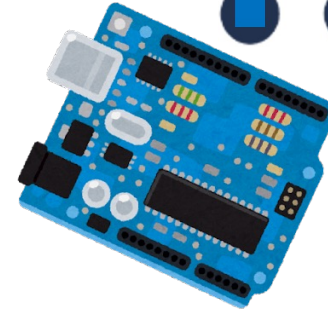
ubuntu



native **ROS 2**
on SBC



micro-ROS
on EMB board
豊富なカーネル／ボード対応
rclcpp に完全準拠の機能群
XRCE-DDS = **agent**必須



mROS 2
on EMB board
rclcppにサブ準拠API
通信性能・メモリ効率良し
topic通信のみ, QoSなど
未対応機能多し,,,



mROS-base/mros2

mROS 2??

このとき
v0.1.4,,,



OS:mROS 2

お気に入りに登録



ロボットソフトウェアの組み込みデバイス向け軽量実行環境

ROS(Robot Operating System)は、ロボットシステムの開発を加速する世界標準のプラットフォームです。主要な側面のひとつに出版購読型モデルに基づく通信ミドルウェアがあり、分散システムの構築およびOSS資産の活用を促進します。

mROS 2は、新世代版のROS 2で採用されているRTPS(Real-Time Publish-Subscribe)プロトコルによる出版購読通信を軽量に実現する実行環境です。主にリアルタイムOSおよび組み込み向けの軽量な通信プロトコルスタックから構成されており、GitHubにてオープンソースで公開しています。

mROS 2の最大の利点は、ROS 2ノードと通信可能なロボットソフトウェアを小規模な組み込みデバイス上で実行できることです。通常のROS 2では必須であるLinuxカーネルの稼働は不要であり、また、ホストデバイス上で動作しているROS 2ノードとの通信経路の確立が自律的に行え、わたる場所にも特徴があります。分散システムのエッジデバイスにおけるリアルタイム性の向上や消費電力の削減への貢献が期待できます。

mros2通信ライブラリのGitHubリポジトリ



mROS-base/mros2

agent-less and lightweight communication
library compatible with rclcpp for embedded d ...

★ 72 7

<https://www.stmcu.jp/design/thirdparty/os/91883/>

関連情報

▶ マイコン初心者向け技術解説
EDN Japan連載最新号
マイコンが起動するまで、なぜ時間がかかるの？

▶ セミナー情報
5月24日開催【Webinar】2.4GHz無線
マイコンでBluetooth®デバイス開発体験！
(抽選20名様限定)

▶ STM32ニュースレター登録
2.4GHz無線システムに最適なワイヤレス・マイコン

▶ 動画解説
STM32マイコン体験実習(セキュリティ編)動画を公開中！

▶ 開発のヒント
STM32MP1のCortex®-M4デバック方法

mROS 2 application

mROS 2 API

mROS 2 comm. lib.

DDS (embeddedRTPS)

UDP stack (lwIP)

CMSIS OS API

RTOS
(TOPPERS/ASP3)

HAL drivers
(STM32Cube)

Embedded devices
(STM32 MCU)

04 - ROS 2 Client Library for E^2

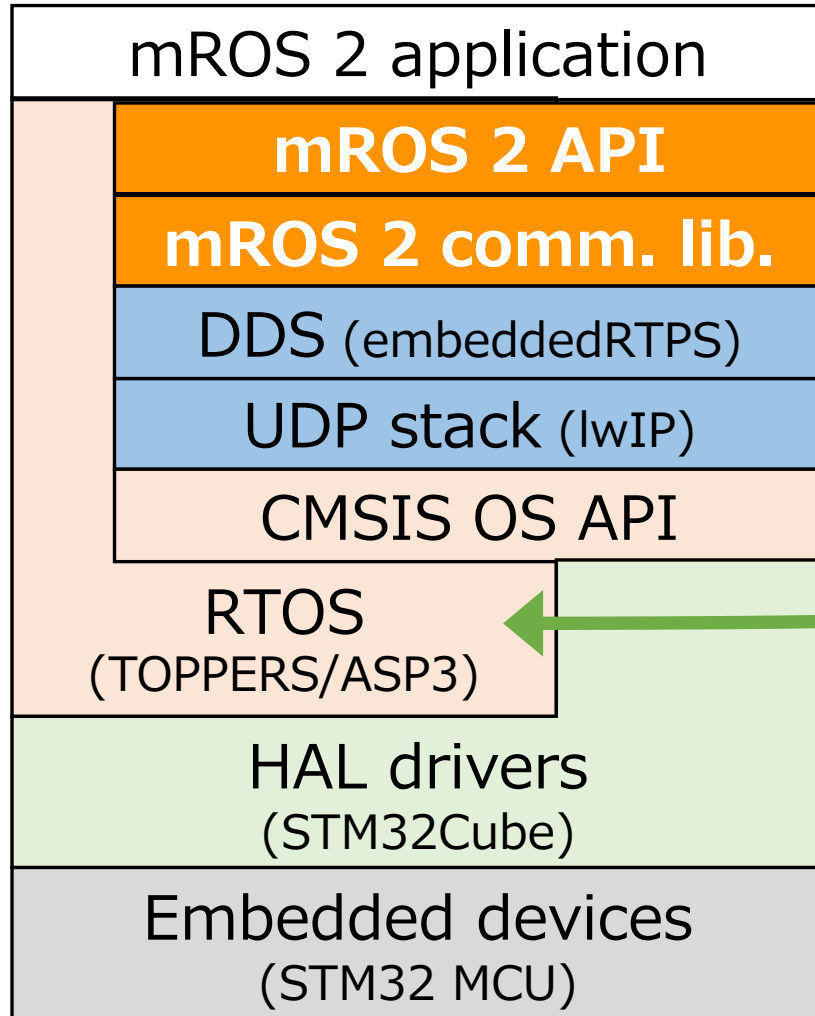
<https://vimeo.com/638040779/8a10335711>

ROSCon'22も
お楽しみに,,,



mROS-base/mros2

ソフトウェア構成 @v0.1.4



通信の自律性の確保
RTPSの仕様に則った通信の実現

軽量かつ効率的な通信処理の実現
C++実装 / CPU 数百MHz / Mem 数MB程度

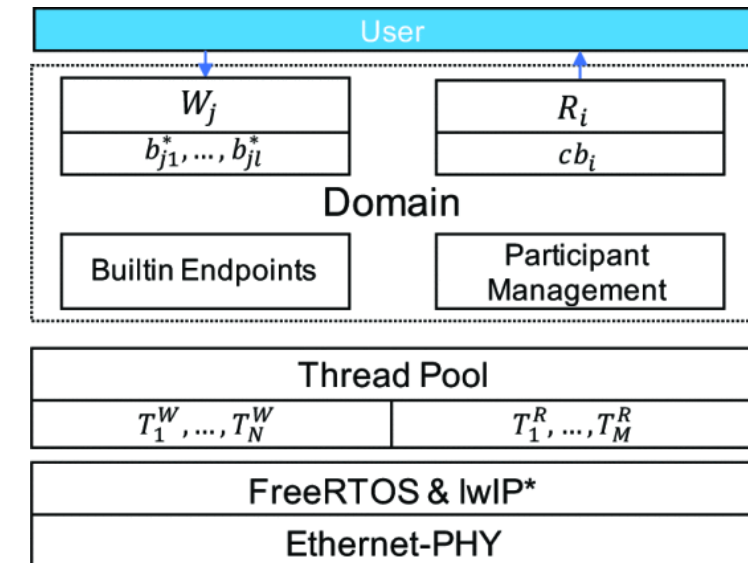
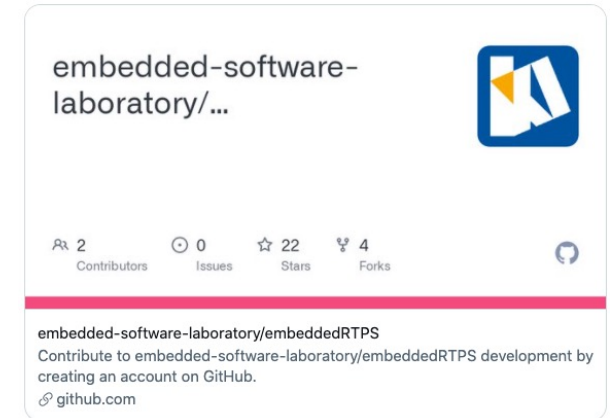
高品質なリアルタイムOSの採用
通信性能・メモリ軽量性の向上にも寄与

基本型に対応した出版購読APIの提供
開発生産性 = rclcppとの互換性を考慮



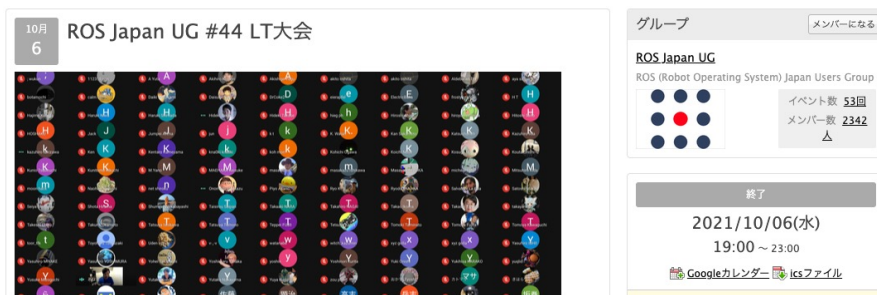
補足 : embeddedRTPS [A. Kampmann+ ITSC'2019]

- C++実装による組込み向けのRTPSスタック
 - UDP/IP には lwIP (Raw Mode) を採用
 - シリアルライズに eProsima Micro-CDR を利用
- 主な機能と利点
 - Discovery: SPDP と SEDP の機能を提供
 - Interoperability: FastDDS 2.3.1 と疎通可能
 - QoS Policies: reliable と best-effort に対応
 - UDP Multicast: multicast locators に対応
 - ✓ mros2 v0.1.4 では未追従
 - Message size: lwIP バッファサイズまで対応可能



v0.2.0 @ 29 Oct 2021

- [mros2-mbed](#) : Mbed Platform に対応！ 🎉



<https://rosjp.connpass.com/event/222141/>

- たった5分で試せる！ (しらんけど:D

- Dockerでのビルド環境
(ghcr.io/armmbed/mbed-os-env)

- Keil Studio Cloud
a.k.a Mbed Online Compiler

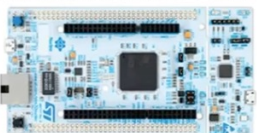
<https://os.mbed.com/users/smoritaemb/code/mbed-os-example-mros2/>

移植しました&動きました。

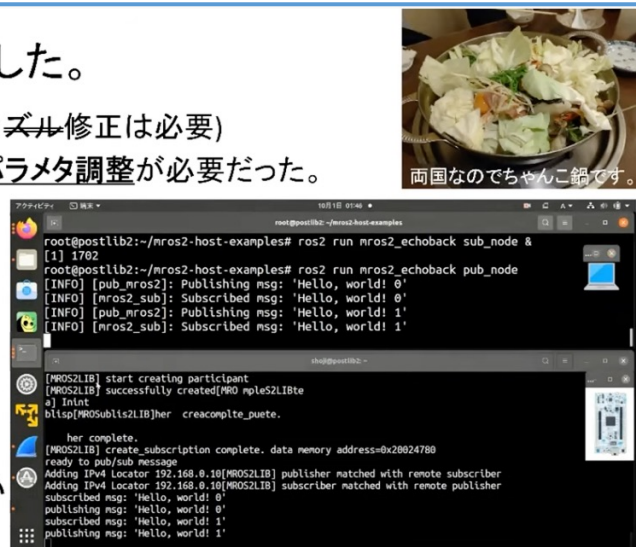
- ビルドだけなら割と簡単(色々ズル修正は必要)
- 動作させるためにはlwIPのパラメタ調整が必要だった。

- ROSCon JPデモ程度の動作
Dashing(PC) ⇄ Mbedボード

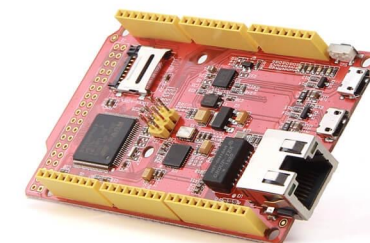
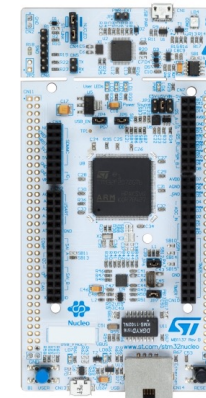
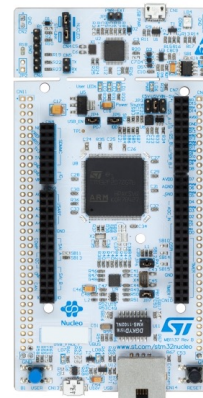
- PC側: 公式Dashingコンテナ
- Mbed側: NUCLEO F429ZI



- 若干embedded RTPSが怪しい
挙動をしている。
(例: Locator 周り)



ROSCon JP 2021のデモレベルの動作確認



<https://www.youtube.com/watch?v=YeQgeTnw5Tc&t=2393s>

v0.3.0 @ 20 Feb 2022

- 独自定義の MsgTypes によるトピック通信に対応！ 🎉

提案手法②: 設計方針

ポイント①: 共通処理と固有処理の分離

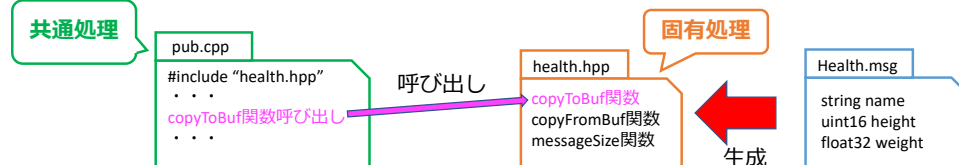
mROS 2における通信処理—メッセージ型に依存しない処理 (=共通処理)

—メッセージ型固有の処理 (=固有処理)

共通処理が固有処理を呼び出す形式に。

ポイント②: メッセージ型ヘッダファイルの生成

固有処理を含むヘッダファイルをメッセージ型ごとに生成。



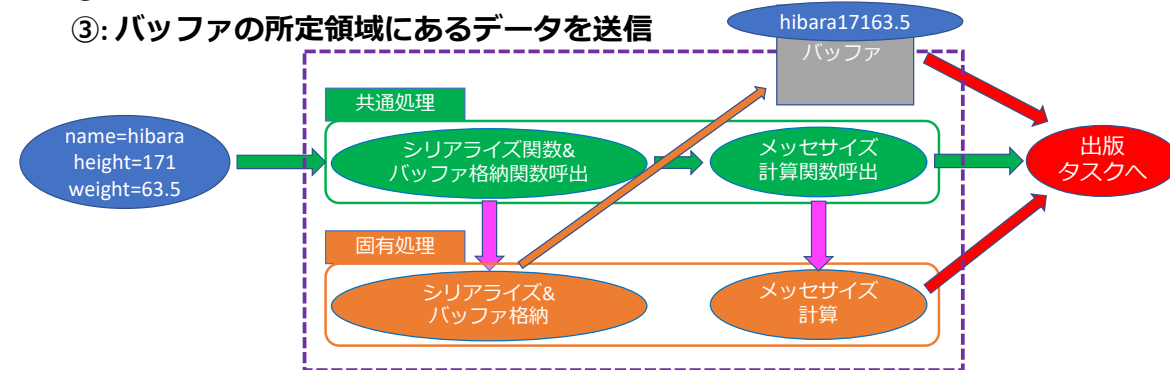
提案手法③: メッセージ出版フロー

①: シリアライズ & バッファに格納

②: 出版するメッセージサイズを計算

③: バッファの所定領域にあるデータを送信

新規実装部分



檜原 陽一郎, 中村 宏, 高瀬 英希: ROS 2ノード軽量実行環境mROS 2における任意型メッセージの通信処理方式,
[情報処理学会研究報告](#), Vol. 2022-EMB-59, No. 38, 2022.



論よりRUN!!

"ron yori run"

The RUN is mightier than the word

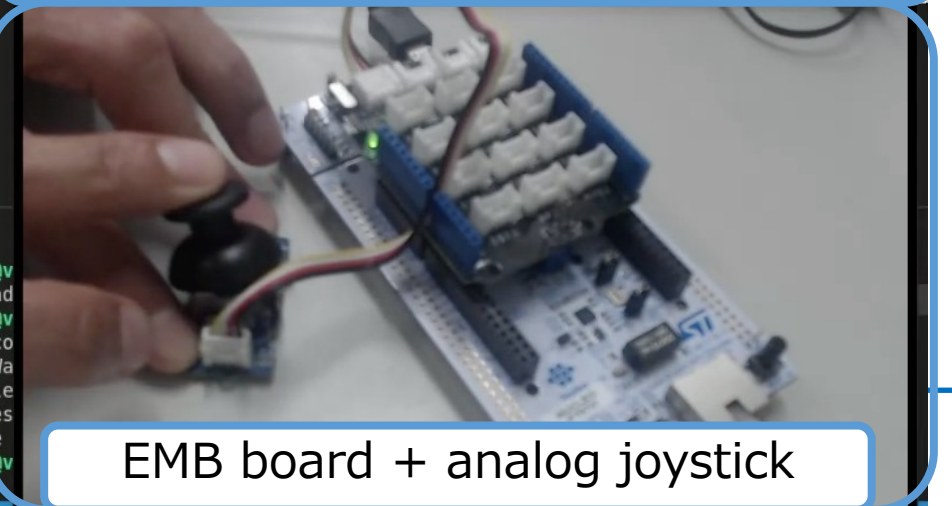
<https://twitter.com/takasehideki/status/1505066116921524228>

\$ ros2 run mrturtle_sim turtlesim_node

\$ picocom /dev/ttyACM0

turtlesim

publish Twist



EMB board + analog joystick

閑話休題：性能どうなのか？

本研究の目的



それぞれの優位性を議論
- 定量的：通信性能、メモリサイズ
- 定性的：主に開発者観点から

ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2022 in Sapporo

主催 一般社団法人 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門



組込み向け ROS 2 ノード実行環境の定量的評価

A Quantitative Evaluation of Runtime Environment for ROS 2 nodes onto embedded devices

○ 高瀬英希 (東大)

檜原陽一郎 (東大)

Hideki TAKASE, The University of Tokyo, takasehideki@hal.ipc.i.u-tokyo.ac.jp

Yoichiro HIBARA, The University of Tokyo

By introducing embedded technology into ROS 2, it is expected that real-time performance will be improved and power consumption will be reduced. The purpose of this research is to compare various runtime environments of ROS 2 nodes for embedded devices. We take up mROS 2 and micro-ROS as targets, and evaluate them in terms of communication performance and memory size. We discuss the advantages of each environment while comparing them not only quantitatively but also qualitatively.

Key Words: ROS 2, Embedded systems, Real-Time kernel, Communication

通信性能の評価結果(1)

✓ 100回測定
✓ 単位は [ms]

• UInt16

	uros-serial	uros-udp	uros-rtps	mros2-asp3	mros2-mbed
avg	11.710	2.109	5.182	0.570	0.646
max	17.370	4.240	11.190	0.810	0.940
min	7.590	1.900	1.940	0.490	0.560
std.p	3.094	0.244	2.684	0.067	0.081

• Twist

	uros-serial	uros-udp	uros-rtps	mros2-asp3	mros2-mbed
avg	19.530	2.304	5.508	0.593	0.703
max	25.510	11.250	9.860	0.850	0.880
min	15.590	2.050	2.610	0.520	0.640
std.p	3.666	0.904	1.551	0.065	0.042

✓ mros2- のほうが明らかに優れている

➢ 最大値(max) = 応答性

➢ 標準偏差(std.p) = リアルタイム性

✓ uros-rtps では出版の連続回数に応じて通信時間が増加していく傾向がある



mROS-base/mros2

7

議論：Pros and Cons

	uros-serial	uros-udp	uros-rtps	mros2-asp3	mros2-mbed	summary (weakness of mros2)
latency	x	△	x	○	○	mros2-同士ではasp3がやや良い
real-time	x	△	x	○	○	-mbedはまれに外れ値が観測されることがある
stability	△	△	x	△	○	uXRCE(agent)が必須 -rtpsは接続難あり -asp3は初回通信時に欠損することあり
mem. size	△	△	x	○	x	特に-asp3は静的OSの方針に完全に基づく
variety	○	○	○	x	△	uros-は多様なチップ・ボードに対応 -asp3は1種のみ -mbedは選択肢多め
productivity	△	△	△	○	○	mros2-ではC++でノード実装可能 コンパイル環境の準備も容易
perfection	○	○	○	△	△	uros-はROS 2機能に完全準拠 mros2-はトピック通信のみ
community	○	○	△	x	x	uros-は世界規模！ mros2-はこれから...

<https://speakerdeck.com/takasehideki/zu-ip-mixiang-keros-2falsedoshi-xing-huan-jing-falseding-liang-de-ping-jia-robomech2022zai-yan-a>

10



mROS-base/mros2

11

FAQ : どうやったら始められるの？

ALGYAN(あるじゃん)主催！ mROS 2 ハンズオン！

<https://algyan.connpass.com/event/259028/presentation/>

世界初！mROS 2ハンズオン！

ファイル 編集 表示 挿入 表示形式 ツール 拡張機能 ヘルプ

100% 見出し 1 Arial 20

ALGYAN x STM x mROS-base ...

はじめに

- ## ハンズオンの内容・目次
- ## 本資料のライセンス
- ## まずはROS 2を触ってみよう
- ## ラズパイにRDPアクセス...
- ## とにかく pub/sub してみ...
- ## いろいろなros2コマンド...
- ## turtlesimを(ROS 2だけ)...
- ## ROS 2のパッケージをビ...
- ## mROS 2をいざかしてみよう
- ## STM32ボードの組み立て...
- ## 文字列エコーバックアップ...
- ## STMマイコンから turtlesim...
- ## ちょっとIoTっぽいかも...
- ## いやあ演習ちょっとつい...

演習環境に関する補足事項

- ## 自宅で利用する場合の注...
- ## Rasberrry Pi 4用のmicro...

✓ ルーラーを表示

ROS 2通信のネットワー...

おわりに

ALGYAN x STM x mROS-base | 世界初！mROS 2ハンズオン

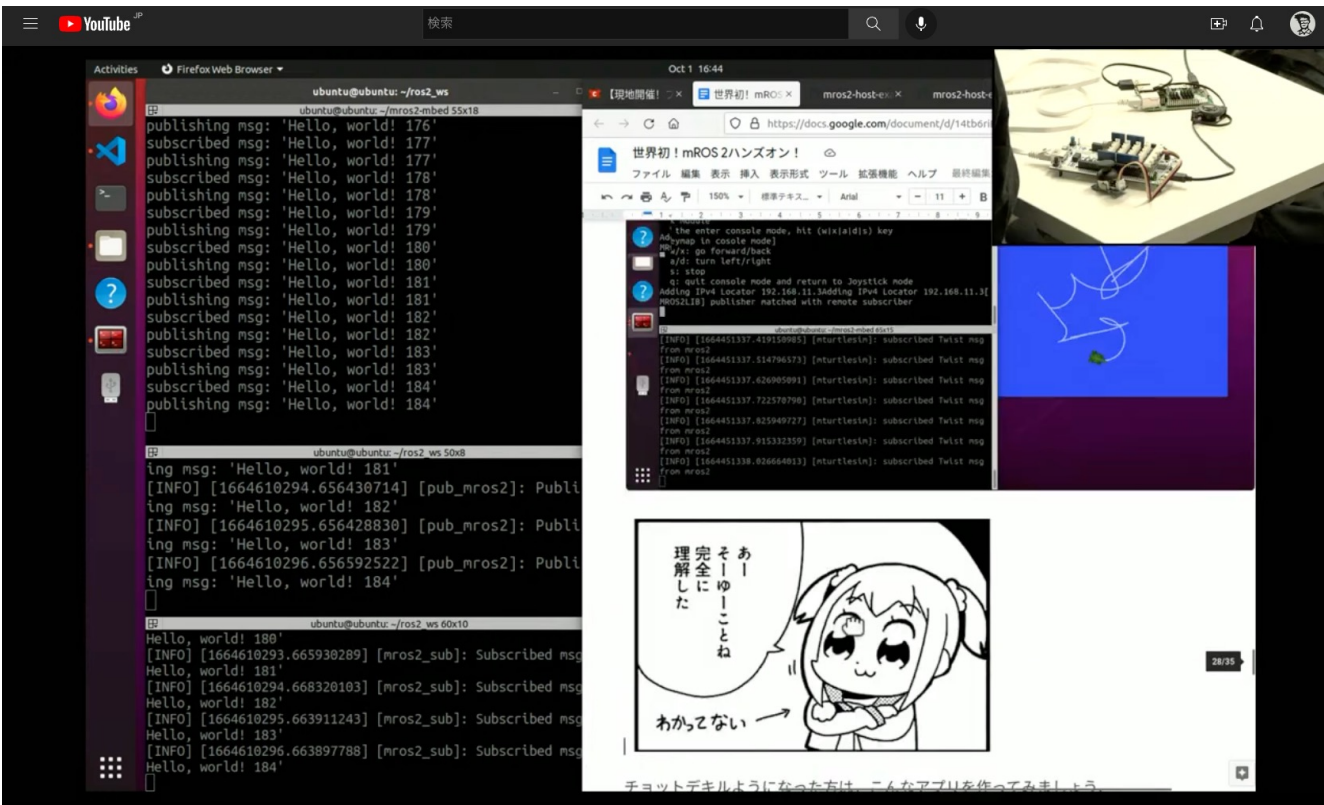


はじめに

本資料では、2022/10/01(土)に開催される ALGYAN x STM x mROS-base ハンズオンの手順を示しています。
【現地開催！プレゼント有！mROS 2 ハンズオン！【オンライン覗き見枠も有り】
<https://algyan.connpass.com/event/259028/>

ハンズオンの内容・目次

- まずはROS 2を触ってみよう [45min]
 - ラズパイにRDPアクセスする
 - とにかく pub/sub してみる
 - いろいろなros2コマンドを使ってみる
 - turtlesimを(ROS 2だけで)いざかしてみる
 - ROS 2のパッケージをビルドする
- mROS 2をいざかしてみよう [60min]
 - STM32ボードの組み立てと接続
 - 文字列エコーバックアップアプリのビルド&実行
 - STMマイコンから turtlesimをいざかしてみる
 - ちょっとIoTっぽいかもしれないアプリをいざかしてみる
- 演習環境に関する補足事項
- おわりに



mROS 2 ハンズオン！見学ライブ【覗き見&ダダ漏れ中継】

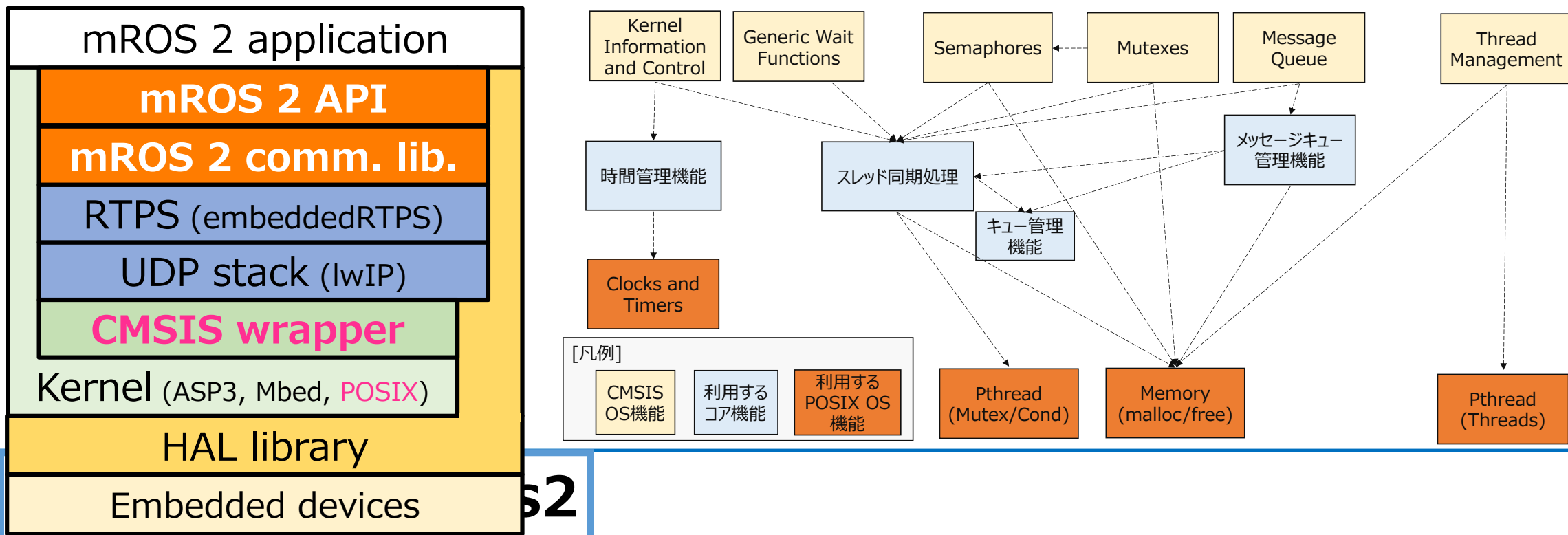
243 視聴者 2022/10/01 にライブ配信 <https://algyan.connpass.com/event/259028>

9 9 低評価 共有 オフライン クリップ 保存 ...

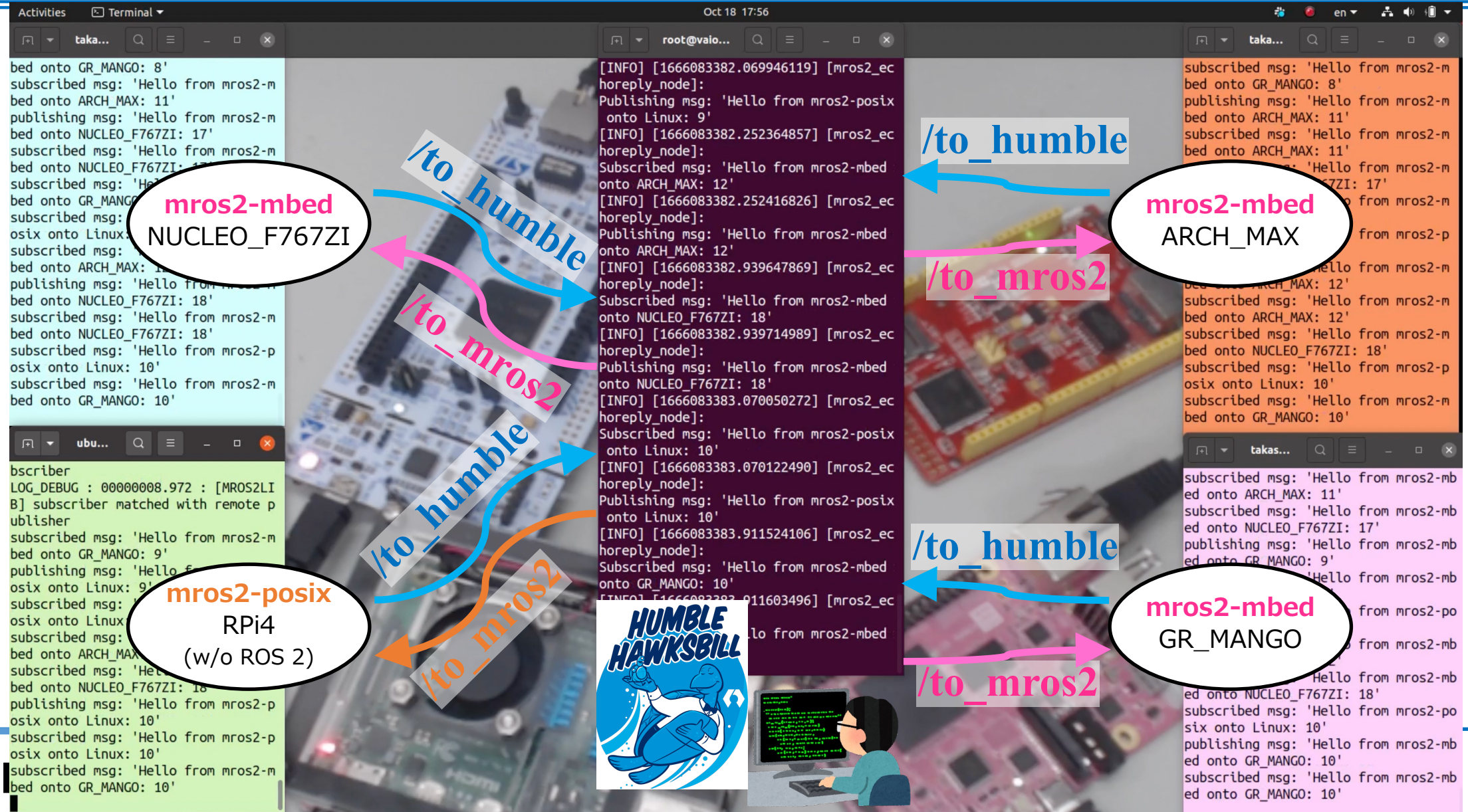
上位のチャットのリプレイ

v0.4.0 @ 18 Oct 2022

- multicast support (locators) 込みの embeddedRTPS に追従！ 🎉
- [mros2-posix](#) : POSIX layer を備えるカーネルにも対応！ 🎉
 - Portable Operating System Interface
 - 主にUNIX系OS（今回の実装対象はUbuntu）RTOSもいくつか準拠するものあり



論よりRUN!! 其の弐



論よりRUN!! 其の参 powered by

Activities rqt_plot Oct 18 17:51

Take a Photo

二輪倒立振り子

robot body node

IMU data

calc. PWM node

Photo Video Burst Effects

rqt_plot_Plot - rqt

MatPlot

Topic: /to_pid/data

400
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400

151.0 151.2 151.4 151.6 151.8

— /to_control/data
— /to_pid/data

[MROS2LIB] mros2_init task start
mROS 2 initialization is completed
[MROS2LIB] create_node
[MROS2LIB] start creating participant
[MROS2LIB] successfully created participant
[MROS2LIB] create_publisher complete.
[MROS2LIB] create_subscription complete.
ready to pub/sub message
[MROS2LIB] Initializing Domain complete
[MROS2LIB] subscriber matched with remote publisher
[MROS2LIB] publisher matched with remote subscriber
mbed micro ros2 start!
[MROS2LIB] mros2_init task start
mROS 2 initialization is completed
[MROS2LIB] create_node
[MROS2LIB] start creating participant
[MROS2LIB] successfully created participant
[MROS2LIB] create_publisher complete.
[MROS2LIB] create_subscription complete.
ready to pub/sub message
[MROS2LIB] Initializing Domain complete
[MROS2LIB] subscriber matched with remote publisher
[MROS2LIB] publisher matched with remote subscriber

CTRL-A Z for help | 115200 8N1 | NOR | Minicom 2.8

0:22 A

[MROS2LIB] mros2_init task start
mROS 2 initialization is completed
[MROS2LIB] create_node
[MROS2LIB] start creating participant
[MROS2LIB] successfully created participant
[MROS2LIB] create_publisher complete.
[MROS2LIB] create_subscription complete.
ready to pub/sub message
[MROS2LIB] Initializing Domain complete
[MROS2LIB] publisher matched with remote subscr
[MROS2LIB] subscriber matched with remote pub
mbed micro ros2 start!
[MROS2LIB] mros2_init task start
mROS 2 initialization is completed
[MROS2LIB] create_node
[MROS2LIB] start creating participant
[MROS2LIB] successfully created participant
[MROS2LIB] create_publisher complete.
[MROS2LIB] create_subscription complete.
ready to pub/sub message
[MROS2LIB] Initializing Domain complete
[MROS2LIB] publisher matched with remote subscr
[MROS2LIB] subscriber matched with remote pub
mbed micro ros2 start!

CTRL-A Z for help | 115200 8N1 | NOR | Minico

Check it out! & What's next??



<https://github.com/mROS-base/mros2>

**Please give us the Star!
& your contribution!!**



- **support other boards & kernels**
- implement new targets with POSIX-compliant RTOS
- support QoS control, Service, Action, ...
- design a dedicated board for real robots??



mROS-bas