

広域分散、クラウド・エッジ連携、デバイス… モノ・人・技術を“つなげる”設計基盤の確立に取り組む ～組み込み/IoTコンピューティング基盤を支えるプラットフォームと設計技術

組み込み/IoT/ロボットシステムの実行環境およびシステムレベル設計技術に関する研究を推進する准教授・高瀬英希氏。2022年のEdgeTech+では研究成果の最新情報を発信した特別講演もおこなった。自身を「論文を書くより前にコードを公開しちゃう不埒な技術者」と評す高瀬氏に、研究内容などを伺った。

ROSと組み込み技術を融合した実行環境

研究としてのスローガンは『組み込み/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』。「主軸の組み込みデバイスから、IoT広域分散システム、クラウドとデバイス連携、エッジコンピューティングと対象領域は広がってきました。広く捉えれば広域分散システムもひとつのシステムですので、これを包括的に扱えるようなプラットフォーム技術や開発手法を日々研究しています」。「つなげる」をキーワードに、モノとモノ、技術と技術、人とモノをつなげる技術、ユーザーや技術者に役立つ技術開発を目指している。

メインの研究テーマのひとつが、ROS(Robot Operating System)と組み込み技術の融合。組み込み技術を導入することで、通信性能として応答性やリアルタイム性の向上、システム全体の消費電力の削減といった貢献が期待される。

精通した会員も多いだろうが、ROSはロボットシステムの開発を加速する新世代のプラットフォームとして世界のデファクトスタンダードとなるほど急速に普及が進み、いまはより製品化・実用化に適した進化版となるROS 2へ移行している。複数のプロセッサが情報処理と命令を行う分散処理型システムで、C++やPythonといった複数の言語に対応、世界中で開発されたライブラリやパッケージがオープンソースとして公開されている。

自律的な通信を可能にする『mROS 2』

「ROS 2は基本的には最低でもRaspberry Piのような64ビットのシングルボードコンピュータのスペックが必要ですが、CPUの消費電力量が大きくなったり、Linuxカーネルが

必要のためにリアルタイム性が発揮しづらいといった事情があります。そうした改善にわれわれが強みとする組み込み技術を活用します。具体的に目指すのは、ROS 2と自律的に通信可能な仕組みを小規模な組み込みデバイスでもそのまま実行できる環境で、『mROS 2』という名称でGitHub (<https://github.com/mROS-base/mros2>) に公開して研究開発を続けています」

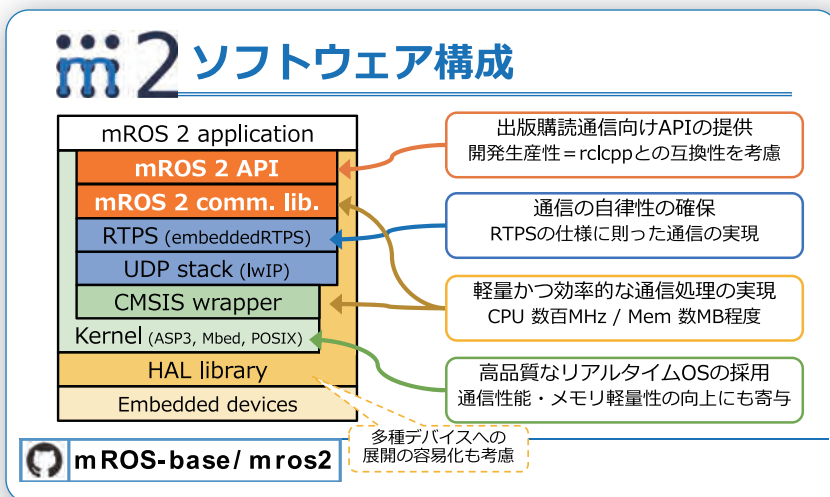
マイコンでROS 2を動かすためのフレームワークは、micro-ROSが世界的なデファクトとなっている。マイコンとROS 2のノード間の通信はDDS(Data Distribution Service)というミドルウェアによって執り行われる。ネイティブのROS 2に対応する通信プロトコルDDS/RTPSは通信相手を自律的に見つけて通信できるが、micro-ROSは通信相手を明示して送受

信を仲介するエージェントというソフトモジュールが必要になる。

「そうすると、システム全体の停止につながる単一障害点の発生や通信性能が劣化するなどの問題が起こり得ます」。mROS 2はネイティブのROS 2のように、DDSの利点である通信の自律性と柔軟性の高さを組み込み機器にも活かすものだ。

mROS 2はライブラリの形態をとり、アプリケーションを構成するAPIと通信をつかさどる基本機能を備える。リアルタイムOSはTOPPERS/ASP3カーネル、Arm Mbed OS 6をサポート。また、ESP32ファミリ(FreeRTOS)にも対応したところで、Wi-Fiで通信するロボットも動くようになる。「標準のmicro-ROSと比較をしても、エージェントなしで通信できること

ROS 2と組み込みデバイスの自律的な通信を可能にする『mROS 2』の仕組み





TAKASE HIDEKI

准教授 **高瀬 英希** 氏

東京大学 大学院情報理工学系研究科 システム情報学専攻



から通信性能が非常に良い。リアルタイム性もソフトリアルタイムには近づけられているし、メモリサイズも結構小さくできます」

ROS 2に関数型言語Elixirの利点を活用

ROS 2と関数型言語Elixirを組み合わせ、よりスケーラブルなROS 2のロボットアプリケーション開発を可能とする環境の構築も進んでいる。Elixirは、並行性能の高さやIoT向けのフレームワーク、機械学習のライブラリなどのエコシステムが充実しており、IoT向けのプログラミング言語といえる。研究では、ROS 2クライアントライブラリとして設計した『Rclex』を実装し、Elixirの利点をROS 2アプリケーションに利用可能にする。(https://github.com/rclex/rclex)

「大量のデバイスからのトラフィックを1台のサーバで処理するような、通信のスケーラビリティを考慮したいとき。出版のノードと購読のノードがたくさんあるような集中サーバへの活用を想定しています。Elixirの開発者は、Rclexを介すことでプランニング、マニピュレーション

のライブラリが使えるなど、新しい展開ができるようになります」

AIシステム、Beyond 5G...

広域分散での取り組み

広域分散に向けたプロジェクトにも参画している。ひとつはD3-AIプロジェクトというAIシステムの研究開発。連合学習 (Federated Learning) を用いたアプローチで、機械学習が持つ弱点を克服する新たな手法として注目されている。

「典型的な機械学習は、デバイスからのデータをクラウドサーバ上に集め、これらを基に学習して得られた推論モデルを各デバイスに配ることになりますが、データそのものをクラウドに上げることで、情報漏洩やトラフィック増大などの問題が生じます。連合学習は個々のデバイス側の推論モデル情報だけをサーバに上げて、それらを統合して向上したモデルとしてデバイスに配布します。データ自体をクラウドに上げる必要がないことからプライバ

シーは担保されるし、トラフィックに影響する通信データ自体を軽減することができます」

分散環境で協調的に使える (Distributed)・動的な環境変化に適応する (Dynamic)・多様なデバイスが使える (Diverse) の“D”を冠したD3-AIプロジェクトは、東京大学の高前田准教授を代表とした若手の研究者によるコラボレーションで、研究成果の社会問題に向けた実証実験まで進める計画であるという。

またBeyond 5Gの取り組みもある。広域分散の移動通信網で効果的に活用できる開発環境の構築で「いまもっとも力を入れている研究課題」という。

「IoT環境はデバイスもクラウドもたくさんあるし、5Gでは中間サーバとなるMEC (マルチアクセス・エッジ・コンピューティング) もあり、それぞれ資源特性も役割も違う。IoTからすれば全体でひとつのアプリケーションなので、クラウドやMECを意識せずに開発できる環境を目指しています。ベースラインはElixirで、自身の環境でElixirのアプリケーションをつくってもらって、開発環境の下でノードの配置と通信をマネジメントするものです。Beyond 5Gの通信網にいろいろなところで自由に動いて協調しあい動くシステムができるという開発環境になります」

昨年はJASAが主催するEdgeTech+にも出展し、最新の研究成果を紹介するなど、デモやプレゼンテーションの機会も積極的に持つ。今後の研究推進に向けては「ユーザーを絶賛募集中です」という。「これ面白い、使いたいという人にアプリケーション側の人がいるだろうと思っています。私たちはどこでも使える汎化されたプラットフォームをつくっていますが、そうした人と組めるとアプリケーションに特化した開発ができます。このように汎化と特化を行ったり来たりして研究フェーズを推進して行きたいと思っています」。関心ある方はぜひ注目いただきたい。

関数型言語Elixirの利点を活かす広域分散コンピューティング環境

関数型パラダイムで実現するB5G時代の資源透過型広域分散コンピューティング環境

