

ROS システム開発要件解析のための FPGA コンポーネントを用いた評価用ロボット

河村 まりや^{†1} 佐藤 未来子^{†2} 大川 猛^{†3} 渡辺 晴美^{†1}

概要: 本稿では, FPGA コンポーネントを用いたロボットの設計開発を支援する, ROS システム開発要件解析のための評価用ロボットについて述べる. 評価用ロボットの要件として, (1) ROS の特徴である Publish/Subscribe 通信を踏まえたリアルタイム性を考慮できること, (2) FPGA の特徴を活かせるように, 画像処理を有すること, の2点に着目する. これらの要件を満たすアプリケーションとして, AR マーカーを用いて指示することができる複数台の協調作業ロボットについて紹介する.

1. はじめに

災害現場や, 社会インフラの点検作業など, 様々な社会環境でロボット導入が期待されている[1][2][3]. これらのロボットの本質的な特徴は, 周囲の状況を判断し, 自律的に行動を可能にすることにある. 周囲の状況判断には, カメラ・レーザレンジファインダー等の膨大なセンサ入力に対する計算処理など, 高性能な処理が求められることもある[4]. また, こうした処理をもとに適切にアクチュエータを動作させサービスを実現するためにはリアルタイム性も求められる. 以上のような画像処理等のマイコンだけでは追いつかない処理を, FPGAに行わせることでリアルタイム制御することが期待されている[5].

また, 多様なサービスを提供するロボットを迅速に構築できることは重要であり, コンポーネント指向開発が可能なROS(Robot Operating System)を用いた開発が増えている. ROSはロボットアプリケーション同士の通信フレームワークを提供している. 非リアルタイムOSであるUbuntu上でのROSノード開発環境が公式にサポートされているが, ROSのアプリケーション間通信モデル(Publish(配信)/Subscribe(購読))の規定を実装することで, リアルタイムOSを含む様々なプラットフォーム間でROSノード間通信が可能になると考えられる.

以上の要求に応えるため, FPGA(Field Programmable Gate Array)をロボット開発へ容易に導入するためのROS準拠FPGAコンポーネントが提案されている[6]. またこの研究では, ROS準拠コンポーネントとしてFPGAを扱えるようにすることで, ROS準拠ロボット処理のアクセラレータとしてFPGAを導入できるようにしている.

ROS準拠FPGAコンポーネントにおいて, リアルタイム性を要するロボット制御処理と, FPGAで扱う処理をどのように配分すべきかを考えたとき, それぞれの処理性能を計測し, すべてのデッドラインを満たすようにタスクを構成することが必要となる. 本研究では, このような要件を容易に解析可能するために, 小型のロボットシステムを開発

する. このロボットをROSシステム開発要件解析のための評価用ロボットと呼び, 以下, 2章では本研究の目的, 3章ではアプリケーションを実装するノード構成について述べる.

2. ROS システム開発要件解析のための評価用ロボット

本研究の最終的なゴールは, FPGAとマイコンを併用したROSノードから構成されるリアルタイムシステムの協調設計支援である. すなわち, FPGAとマイコン, RTOSを使用した環境で, 開発者が, これらの環境を可能なかぎり意識せずに, ROSによるリアルタイムシステムを開発することを支援することである.

通常, ROSシステムはLinux上に構築され, 更にPublish/Subscribe通信はTCP/IPで行われるため, リアルタイム性は保証されない. これに対して, ROSにリアルタイム性を持たせる研究もおこなわれている[7]. 一方, ROSの次世代規格であるROS2においては, OS層・通信層がモジュール化されているために必要に応じてリアルタイム性を付与可能となる予定である[8]. しかし, ROS2は未だ一般的には使用されておらず, 現行のROSの豊富なライブラリを活用した開発に注目が集まっている. そのため, 本研究はROS2ではなくROSに着目した開発要件解析を対象とする.

本研究のゴールに向けて, まずは, 標準的な構成のロボットに対し, ハードウェアの構成を変えた場合の性能を容易に測定できる環境を構築する. 要件として, (1) ROSの特徴であるPublish/Subscribe通信を踏まえたリアルタイム性を考慮できること, (2) FPGAの特徴を活かせるように, 画像処理を有すること, の2点に着目している.

図1に評価用ロボットの例を記す. 評価用ロボットは, 赤外線センサ, カメラ, Wi-Fiを持つ. 赤外線センサによりラインをトレースし, カメラにより, ARマーカーを処理する. 今後, ロボットを複数台配置させ, ARマーカーの指示に従い, 協調して作業をすることを予定している. 以上により, 上記2点の要件を踏まえることが可能である. これらの処理に対し, ハードウェアの構成を変えた場合の性能を評価する.

^{†1} 東海大学大学院

^{†2} 東海大学

^{†3} 宇都宮大学大学院

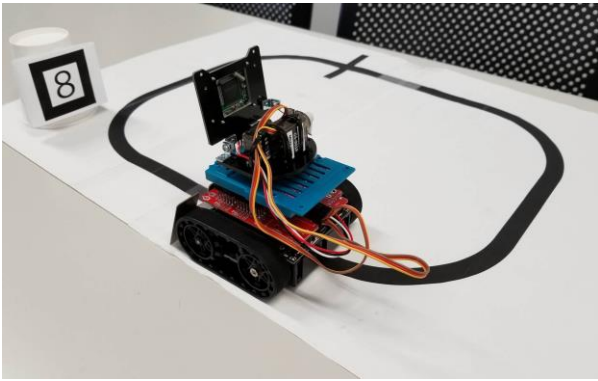


図 1 評価用ロボット

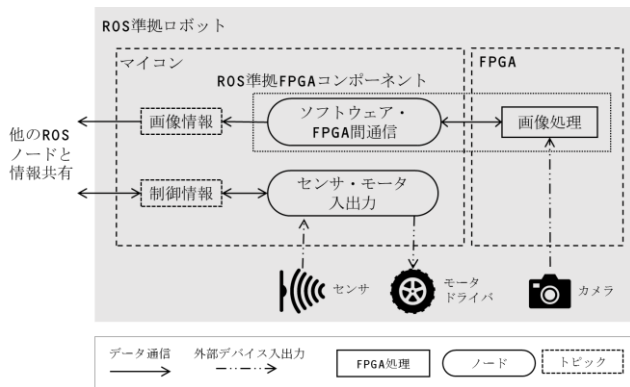


図 2 評価用ロボットの ROS ノード構成例

3. 評価用ロボットの ROS ノード構成

本研究で対象とするROSシステム開発要件解析のための評価用ロボットのROSノード構成例を図2に示す。前述した2つの要件を満たすように、画像処理ノードとモータセンサ入出力ノードがROSトピックを介してPublish/Subscribe通信を行い、FPGAにおいて画像処理を行うように構成した。

図2では、ロボットに複数の外部デバイスが接続され、センサとモータドライバはマイコン上で処理され、カメラから入力した画像の処理はFPGA上で処理される例を示している。本評価用ロボットで想定しているROSノードの処理の流れは次のようになる。

- (1) カメラからARマーカの画像を読み取る
- (2) トピックとして画像情報を評価用ロボットから他のROSノード (PCなど) へ送付する
- (3) 他のROSノード上で画像情報を処理し、ロボット制御情報を作成する
- (4) トピックとしてロボット制御情報を他のROSノードから評価用ロボットのセンサ・モータ入出力ノードへ送付する
- (5) 評価用ロボットでは、他のROSノードから得た制御情報と、ローカルなセンサ情報とを見ながら、モータドライバの動きを制御する

このように評価用ロボットにおいてROSノードでロボッ

トの処理を構成することにより、容易に、ROSノード間通信を前提とする機能分散を設計できるという利点が生じる。図2の例は1つのマイコン上に2つのROSノードを構成する例を示しているが、評価用ロボットにROSノードごとにマイコンを搭載する例も考えられる。その場合にROSノードのソフトウェア設計を大きく変更する必要はなく、試行することができる。

4. おわりに

FPGAコンポーネントを用いたロボットの設計開発を支援する、ROSシステム開発要件解析のための評価用ロボットについて述べた。今後は、Programmable SoC (ARMプロセッサ+FPGA)を用いた実際の開発環境において、本稿で述べた評価用ロボットを実現し、ROSノードでのリアルタイム制御の可能性を探る。

謝辞

本研究開発は、一部総務省SCOPE (受付番号 152103014) の委託を受けたものです。

参考文献

- [1] 国土交通省次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム～現場実証ポータルサイト～
<https://www.c-robotech.info/>
- [2] 浅間一, "災害時に活用可能なロボット技術の研究開発と運用システムの構築", 日本ロボット学会誌, Vol.32, No.1, pp.37-41, 2014.
- [3] 遠藤大輔, 幸村貴臣, 鈴木大貴, 山内元貴, 永谷圭司, 小柳栄次, "ARGOS チャレンジに向けたロボット開発と実証実験を兼ねた第1回コンペティション", 日本ロボット学会誌, Vol.35, No.2, pp.123-134, 2017.
- [4] G. Dudek, M. Jenkin: Computational Principles of Mobile Robotics, Cambridge University Press, 2010.
- [5] S. Pedre, T. Krajnc, E. Todorovich, P. Borensztein: Accelerating embedded image processing for real time: a case study, Journal of Real-Time Image Processing, Vol. 11, Issue 2, pp 349-374, 2016.
- [6] K. Yamashina, H. Kimura, T. Ohkawa, K. Ootsu and T. Yokota, "cReComp: Automated Design Tool for ROS-Compliant FPGA Component," 2016 IEEE 10th International Symposium on Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip (MCSoc16), pp. 138-145, 2016.
- [7] Hongxing Wei, Zhenzhou Shao, Zhen Huang, Renhai Chen, Yong Guan, Jindong Tan, Zili Shao, RT-ROS: A real-time ROS architecture on multi-core processors, Future Generation Computer Systems, Volume 56, Pages 171-178, 2016.
- [8] Jackie Kay: Real-time Performance in ROS 2, ROSCon 2015 Hamburg, 2015.