

ROS-TMS と環境情報構造化空間 Big Sensor Box の開発

倉爪 亮 (九州大学), ピョ コンソク (九州大学), 辻 徳生 (九州大学), 河村 晃宏 (九州大学)

Development of ROS-TMS and Big Sensor Box

Ryo Kurazume(Kyushu University), Pyo Yoonseok (Kyushu University),
Tokuo Tsuji (Kyushu University), and Akihiro Kawamura(Kyushu University)

Abstract: This paper presents the management system for an informationally structured environment named Town Management System, TMS. The development of TMS was started in 2005 in the project named Robot Town Project. Since then, we are continuing our efforts for the improvement of the performance and the enhancement of the functions of the TMS. Recently, we launched a new town management system named ROS-TMS, which combines TMS and ROS to utilize the high scalability and a plenty of resources of ROS.

1. はじめに

ヒトと共生するサービスロボットを近い将来に実現する一手法として、ロボットを単体で知能化するだけでなく、ロボット周囲の環境を「知能化」する、いわゆる環境情報構造化(空間知能化)が提唱されている。これはロボットが作業を行う空間に様々なセンサを配置し、空間内のモノやヒト、ロボットの位置や状態を逐次収集、蓄積、提供することで、ロボットをより導入しやすい日常生活環境を構築するものである。

著者らも 2005 年より街レベルでの情報構造化環境の構築を目指すロボットタウンプロジェクトを開始し、そのソフトウェア基盤として、タウンマネジメントシステム (Town Management System, TMS) を開発してきた。さらに近年では、TMS と汎用ロボットミドルウェアである ROS を融合した、ROS-TMS の開発を行っている。本稿では、これまでに著者らが開発してきた TMS, および ROS-TMS を紹介する。

2. TMS から ROS-TMS へ

タウンマネジメントシステム (TMS) は、文部科学省科学技術振興調整費により実施された「ロボットタウンの実証的研究」(研究代表者・長谷川勉九州大学名誉教授・2005 年 11 月～2008 年 3 月)¹⁾において、環境情報構造化空間におけるソフトウェアプラットフォームとして開発が開始され、2006 年 5 月に TMS API ver.1 が公開された。このプロジェクトでは、カメラ、レーザ、IC タグリーダなどから収集された環境内の物品、ヒト、ロボットの情報を、環境データベースである Town Management System (TMS) に蓄積し、ロボットからの要求に応じて提供する枠組みを提案した²⁾。

その後、2011 年には、データベースに蓄積できるデータの種類を増やすとともに、セキュリティ機能の追加など、API 群の機能を強化した TMS API v2 を公開した。また、NEDO 次世代ロボット知能化技術開発プロジェクトでは、TMS の RT-Middleware 化を行い、TMS-RTM として Web で公表している³⁾。さらに、TMS のスケーラビリティを高めるため、TMS をクラウドシステムで動作するように拡張した TMS-Cloud⁴⁾を発表した。

API を用いた初期の TMS は、制御ソフトウェアのコンパイル時に API 関数をリンクすることでデータベースにアクセスする仕組みであった。このため、TMS に新たな機能

の追加を行うたびに、すべてのロボットやセンサでプログラムをコンパイルする必要があり、拡張性、柔軟性に問題があった。また TMS 内部の処理プログラムはそれぞれ独立に開発され、同様な処理を行うプログラムが複数存在し、プログラムの再利用性が低かった。さらに、この TMS では、センサから出力された情報の解析を、そのセンサが接続されている計算機上で単一プロセスで実行していた。そのため解析処理が重くなると、リアルタイム性や計測データが失われる場合があった。

そこで、2012 年からはオープンソースのミドルウェアである Robot Operating System (ROS) を用いることで、様々なセンサや多様なロボットをより柔軟に統合できる ROS-TMS⁵⁾ の開発を開始し、2015 年 4 月には、最新バージョン ROS-TMS 3.4.2 を公開した。この ROS-TMS は、レーザや IC カードリーダなどのセンサー処理モジュールや、ロボットの動作プランニングモジュール、タスクスケジューラ、GUI モジュールなど、150 以上の環境情報構造化モジュールが含まれている⁶⁾。

ROS を使用して多種多様なセンサシステムや処理プロセスをモジュール化することにより、処理の分散化が容易になり、センサドライバなどの低レベル処理には Raspberry Pi などのシングルボードコンピュータや NUC(Next Unit of Computing) を、認識や計画にはデスクトップパソコンを使うなど、適切な計算機リソース配置が実現できた。また世界中で公開されている多くの処理パッケージをそのまま利用することができ、必要な機能に絞った効率的なアプリケーション開発が可能となった。さらに、様々な処理をモジュール化することで、処理モジュールの再利用性が高まり、効率的なシステム開発が実現できるようになった。

Fig. 1 は、室内におけるセンサ群とノード群の構成例である。圧力センサと RFID タグリーダなどのセンサから得られるデータは、様々な処理ノードを通して高次のデータへ変換され、データベースに蓄えられる。ユーザはデータベースにアクセスし必要な情報を得るとともに、ロボットも同様に、データベースからサービス実行に必要な情報を得る。

3. ROS-TMS の構成

Fig. 1 のノード群を、機能ごとに分類、整理したものを Fig. 2 に示す。それぞれのノード群を以降ではモジュールと呼ぶ。User Request(TMS_UR), Sensor Driver(TMS_SD), Robot Controller(TMS_RC) の各モジ

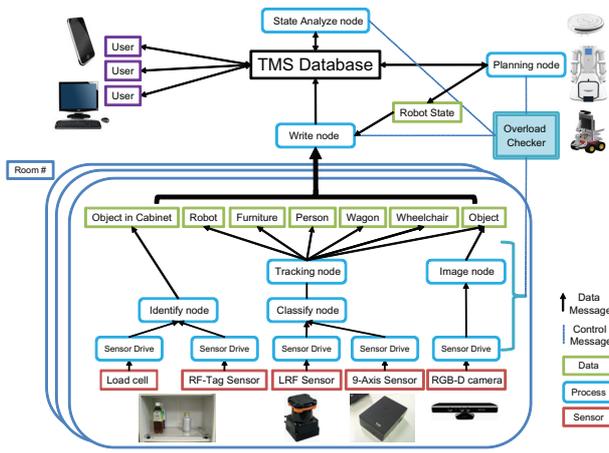


Fig.1 Processing nodes of TMS

ユーザは人、センサ、ロボットと TMS のインターフェースであり、これらを通してそれぞれ情報をやり取りする。タスクスケジューラ (TMS_TS) モジュールは、TMS.UR から得られたユーザからのタスク要請に基づき、データベース (TMS.DB) モジュールからタスクを実現するためのサブタスク列の情報を読み取り、サブタスクの実行スケジュールを計画する。さらにロボットプランナ (TMS.RP) モジュールは、計画されたサブタスク列の実行を管理し、適切なタイミングでサブタスクの実行命令をロボットコントローラ (TMS.RC) モジュールに送る。

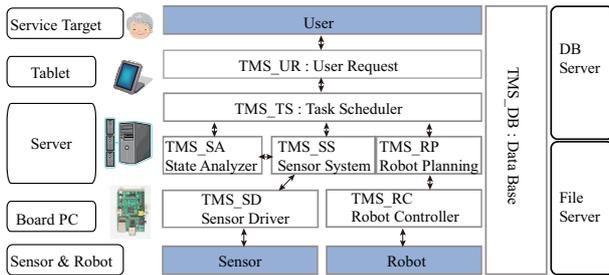


Fig.2 ROS_TMS architecture

各モジュールの概要を以下に記す。

- TMS.DB : データベース本体と読み書きを行うノード群
- TMS.UR : ユーザーの要請を受け取り、ROS_TS に送信するノード群
- TMS_TS : ロボットのタスクを計画するノード群
- TMS.SD : LRF, カメラ, RFID タグリーダなどのセンサデータを取得するノード群
- TMS_SS : センサデータを統合し、より高次の情報を出力するノード群
- TMS_SA : 環境の状態を推定するノード群
- TMS.RP : ロボットの作業を計画するノード群
- TMS.RC : 作業計画に従いロボット動作を制御するノード群

このような階層的なモジュール構成は、他の多くのロボット制御アーキテクチャ⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾でも見られる。例えば、Fong ら⁹⁾は、人間と共同作業するロボットのためのミドルウェアとして、“Human-Robot Interaction Operating System”(HRI/OS). を提案しており、その中にも同様のモジュール構成を見ることができる。提案する ROS-TMS は、

このモジュール構成を全て ROS ノードで構築しており、拡張性、柔軟性に優れている点が特徴である。

4. ROS-TMS を用いたサービス実験

開発した ROS-TMS を用いたサービス実験の例として、人から要求された物品を、別の場所まで取りに行き、把持して手渡す「物品取り寄せタスク」を実行した例を紹介する。想定するサービスシナリオは、室内の任意の場所にいるロボットに、室内の別の場所にある物品の取り寄せを指示することにより、ROS-TMS が必要な行動を計画し、実行するものである。

TMS.UR を通して受け取ったタスク指令に対し、TMS_TS はタスクを移動 (Move, 上), 把持 (Grasp, 中), 手渡し (Give, 下) のサブタスクに分解する。各サブタスクは、Fig. 3 の左の SMACH の画面のように、順々に TMS.RP に送られる。TMS.RP では、受け取ったサブタスクの実行命令から、TMS.DB に記録されている物品の位置 (棚の中), 棚の位置, ロボットの現在位置, ヒトの位置などを用いて、移動目標軌道などの具体的な動作指令を生成し、TMS.RC に送信する。TMS.RC は、指示された動作指令をロボット毎に異なる具体的な制御命令に変えて実行する。この仕組みにより、異なるロボットに対しても、タスク, サブタスクの計画には共通のモジュールを使うことができる。また、サブタスクに分解することで、異なるタスクに対して同じサブタスクを利用でき、プログラムの再利用性が高まる。

Fig. 3 は、物品取り寄せタスクに対して計画された行動である。右は計画された動作であり、右の床面の点線は、TMS.RP により計画された移動目標起動を示している。これは環境や障害物の位置から最も離れた線 (Voronoi 境界) であり、ロボットはこの Voronoi 境界上を安全に移動する。また Fig. 4 は、実際に計画されたサービス動作を、実際にサービスロボット SmartPAL V および KXP により行っている様子である。

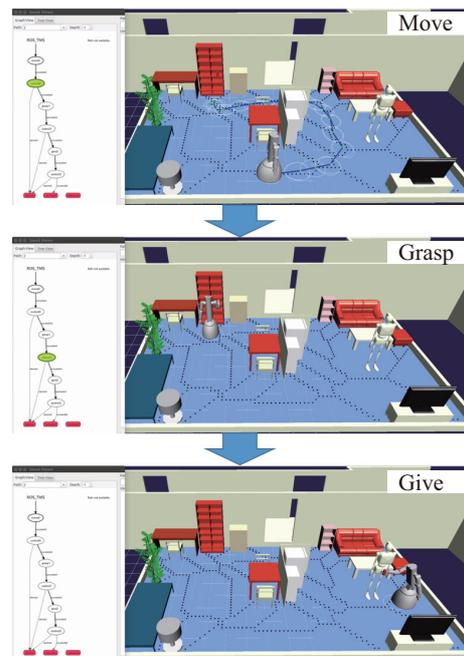


Fig.3 Fetch and carry task by service robot (Simulation)

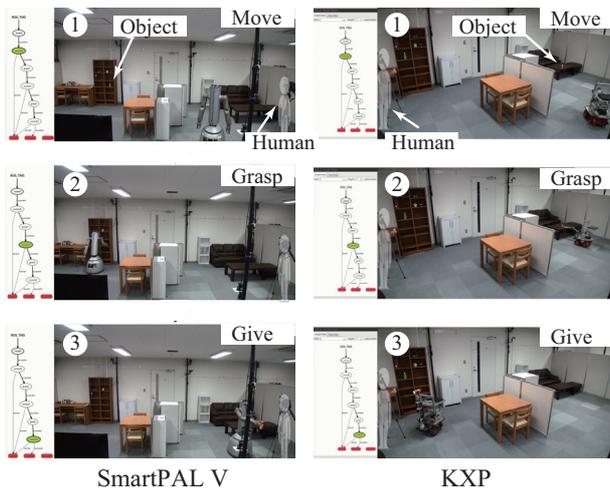


Fig.4 Fetch and carry task by service robot (SmartPAL V and KXP)

5. まとめ

本稿では、これまでに著者らが開発してきた TMS, ROS-TMS について説明し、物品取り寄せタスクの例を紹介した。現在、ROS-TMS 技術の実証実験施設として環境情報構造化プラットフォーム・ビッグセンサボックス (Big Sensor Box, B-sen) を構築しており、今後、本プラットフォームに実際に居住して実証実験を行う予定である。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構の研究成果展開事業センター・オブ・イノベーション (COI) プログラムにより、助成を受けたものである。

文献

- [1] 長谷川勉. 環境プラットフォーム「ロボットタウン」. 日本ロボット学会誌, Vol. 26, No. 5, pp. 411–414, 2008.
- [2] 倉爪亮, 村上剛司, 木室義彦, 家永貴史, 馬場伸一, 殷中翔. ロボットタウンの共通プラットフォーム技術のメカニズム. 日本ロボット学会誌, Vol. 26, No. 5, pp. 415–419, 2008.
- [3] http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID121.
- [4] 辻徳生, 表允, 曾, 永田晃洋, 長谷川勉, 倉爪亮, 諸岡健一, 村上剛司. Tms クラウド: ロボットタウンマネジメントのためのスケーラブルな分散処理システム. 第 13 回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, pp. 1H4–7, 2012.
- [5] ピョコンソク, 辻徳生, 橋口優香, 永田晃洋, 中島洗平, 倉爪亮, 長谷川勉, 諸岡健一. 情報構造化アーキテクチャの提案とサービスロボットのオンライン動作計画の実現. 第 19 回ロボティクスシンポジウム, pp. 624–630, 2014.
- [6] https://github.com/irvs/ros_tms/wiki/.
- [7] Reid Simmons, Richard Goodwin, Karen Zita Haigh, Sven Koenig, and Joseph O’Sullivan. A layered architecture for office delivery robots. In *Proceedings of the first international conference on Autonomous agents*, pp. 245–252. ACM, 1997.

- [8] Rachid Alami, Sara Fleury, Matthieu Herrb, Félix Ingrand, and Frédéric Robert. Multi-robot cooperation in the martha project. *Robotics & Automation Magazine, IEEE*, Vol. 5, No. 1, pp. 36–47, 1998.
- [9] Terrence Fong, Clayton Kunz, Laura M Hiatt, and Magda Bugajska. The human-robot interaction operating system. In *Proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction*, pp. 41–48. ACM, 2006.
- [10] Jong-Hwan Kim, In-Bae Jeong, In-Won Park, and Kang-Hee Lee. Multi-layer architecture of ubiquitous robot system for integrated services. *International Journal of Social Robotics*, Vol. 1, No. 1, pp. 19–28, 2009.
- [11] 橋口優香, ピョコンソク, 辻徳生, 諸岡健一, 倉爪亮. 環境情報構造化プラットフォーム ros-tms におけるタスク管理機構. 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, pp. 1A1–N01, 2015.
- [12] 吉見卓, 香月理絵, 大賀淳一郎. 環境・作業情報構造化を利用したロボット作業技術. 東芝レビュー, Vol. 64, No. 1, pp. 14–18, 2009.
- [13] 香月理絵, 西山学, 大賀淳一郎, 吉見卓, 菅原淳, 中本秀一. 異機種ロボット間のプログラム共通化を目指したソフトウェア構造-実装方法と東芝の双腕自律移動ロボットでの検証-. 第 9 回システムインテグレーション部門講演会, pp. 1L2–4, pp.471–472, 2008.
- [14] Jonathan Bohren and Steve Cousins. The smach high-level executive [ros news]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, Vol. 4, No. 17, pp. 18–20, 2010.