Introspection et Débogage avec `pal_statistics` dans `ROS 2 Control`

Maximilien Naveau & Pierre Fernbach*

Durée

Présentation standard (≈20 minutes), 10 à 15 minutes de présentation + 5 à 10 minutes de questions/réponses.

Résumé (≤100 mots)

Cette présentation expose l'intégration de `pal_statistics` au sein de `ROS 2 Control` pour offrir une introspection **en temps réel** des entrées et sorties des contrôleurs. Cette fonctionnalité permet aux développeurs de surveiller les signaux internes **sans intervention utilisateur**, améliorant considérablement les workflows de débogage et de réglage. Au-delà de `ROS 2 Control`, `pal_statistics` peut être utilisé indépendamment pour exposer des métriques que des outils comme `PlotJuggler` peuvent analyser facilement. Nous présentons une démonstration—implémentée dans `ros2_control_demos`—où nous exécutons `ros2_control_example_1` et montrons que chaque contrôleur expose ses entrées/sorties. Un nœud additionnel est lancé pour illustrer la fonctionnalité indépendante de `pal_statistics` et son utilisation avec `PlotJuggler`.

Description détaillée (≤1000 mots)

Le débogage et l'introspection sont indispensables pour concevoir des systèmes robotiques fiables fonctionnant en temps réel. Dans ce contexte, il est essentiel que les outils et méthodes utilisés n'interfèrent pas avec la boucle de contrôle du robot, dont la fréquence d'exécution peut atteindre plusieurs kHz, typiquement jusqu'à 2kHz. Cette cadence élevée génère une quantité considérable de données de log, rendant crucial l'usage d'outils capables de filtrer et d'analyser efficacement ces informations tout en préservant la qualité du contrôle. Notons que l'utilisation des topics ROS 2 classiques n'est pas adaptée à ces fréquences élevées.

De plus, les contrôleurs dans `ROS 2 Control` exposent généralement uniquement leurs interfaces de commande et d'état, tandis que les calculs intermédiaires internes restent souvent inaccessibles aux développeurs. Cette limitation complique l'identification des goulets d'étranglement, des problèmes numériques ou des erreurs de configuration lors du développement.

Pour répondre à ces enjeux, PAL Robotics a développé `pal_statistics`, une bibliothèque légère conçue pour publier efficacement des métriques et statistiques arbitraires, même à des fréquences élevées comme 2kHz. Le framework `ROS 2 Control` intègre désormais `pal_statistics` directement dans sa couche d'interface contrôleur, permettant à chaque contrôleur d'exposer instantanément ses entrées, sorties et états internes, sans ajout de code utilisateur.

Cette intégration apporte plusieurs bénéfices :

— **Introspection automatique :** Chaque contrôleur publie en continu ses entrées et sorties par défaut, même à haute fréquence.

*firstname.lastname@pal-robotics.com, PAL FRANCE

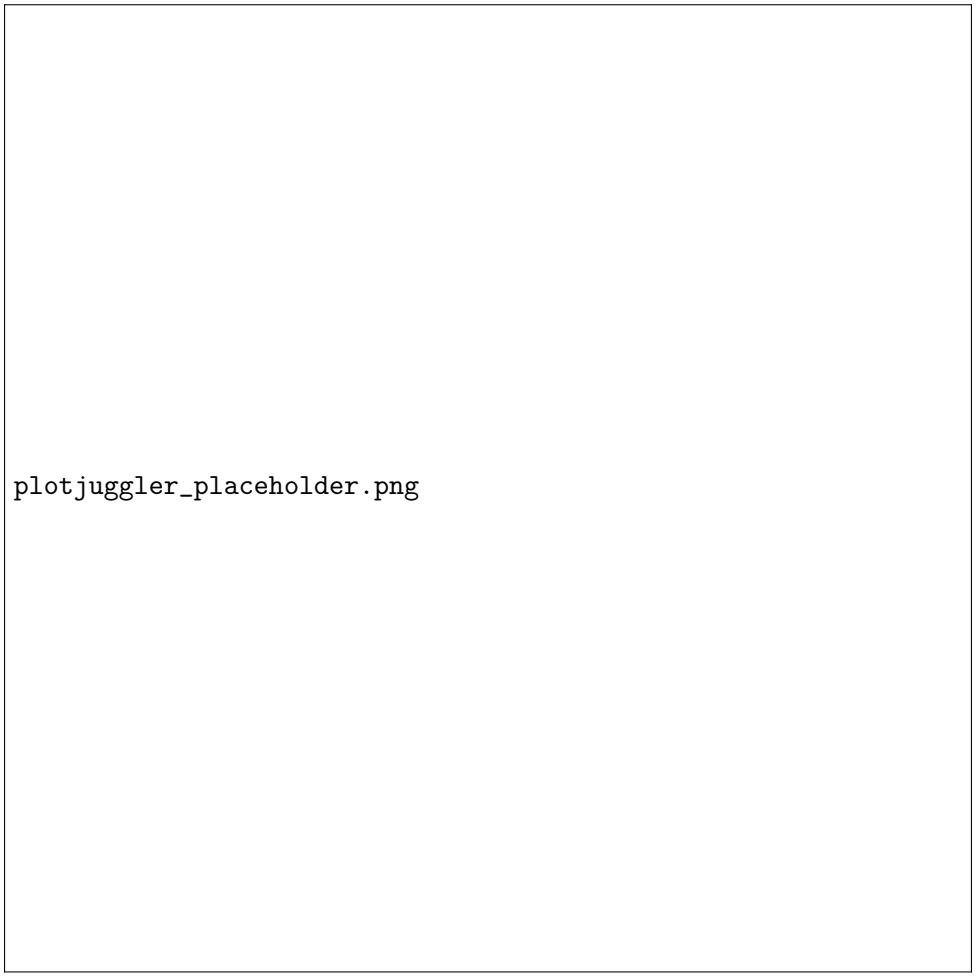
— **Transparence des métriques internes :** Les développeurs accèdent facilement aux métriques internes, ce qui accélère et clarifie le débogage.
— **Outils de visualisation adaptés :** Des outils comme `PlotJuggler` peuvent analyser et afficher ces métriques en temps réel grâce aux dernières évolutions ($\leq$3.10.11).
— **Utilisation flexible :** `pal_statistics` peut également être utilisé indépendamment de `ROS 2 Control` dans n'importe quel nœud ROS 2, assurant une introspection cohérente sur l'ensemble des sous-systèmes robotiques.

Cas d'utilisation exemple

Pour la démonstration en direct, nous utiliserons `ros2_control_example_1` pour exécuter le contrôleur de trajectoire articulaire sur le rrbot. Avec `PlotJuggler`, nous montrerons comment les signaux d'état d'entrée/sortie sont visualisés pour chaque contrôleur en temps réel. Pour illustrer davantage la flexibilité de `pal_statistics`, nous ajouterons un simple nœud Python qui utilise `pal_statistics` indépendamment de `ROS 2 Control`, interagissant avec la configuration example_1. Cela montrera comment les métriques peuvent être exposées et visualisées en dehors du framework contrôleur, offrant un workflow d'introspection cohérent.

Petit example de ce qu'on peut voir une fois les controllers lancés :

Illustration



(Espace réservé pour une capture d'écran `PlotJuggler`)

Points clés pour l'audience

— Comprendre comment `pal_statistics` s'intègre dans `ROS 2 Control` pour l'introspection automatique.
— Découvrir comment utiliser `pal_statistics` indépendamment dans des nœuds ROS 2 personnalisés.
— Apprendre à visualiser et déboguer les internes des contrôleurs avec `PlotJuggler`.

Ressources

— `pal_statistics` : github.com/pal-robotics/pal_statistics
— `ROS 2 Control` : github.com/ros-controls/ros2_control
— `PlotJuggler` Changelog 3.10.11 : github.com/facontidavide/PlotJuggler/CHANGELOG.rst
— Dépôt de démonstration : github.com/ros-controls/ros2_control_demos
— Intégration `ROS 2 Control` : hardware_interface/include/introspection.hpp
— Intégration `ROS 2 Control` : controller_interface_base.cpp
— Depot de la demonstration prevue : github.com/MaximilienNaveau/roscon-fr-2025