



PROTOCOLE DE VALIDATION

Projet Transpromotion n°2 - Conception
d'une pince avec retour de force adaptée
à l'UR3

Thomas Fochesato - Zuzanna Muszynska - Jérémy Quintin - Thierry
Rouch - Enzo Constant - Vincent Da Silva Pinto - Valentin
Debenay - Nicolas Delcombel - Julien Doche

Table des matières :

Introduction	2
Définition du cadre	2
La latence	2
La charge utile	2
Le rayon d'action	3
Vitesses de rotation et de translation	3
Protocole de tests	3
Latence de la commande de la pince :	3
Latence de la commande de l'UR3	4
Charge utile	4
Rayon d'action	5
Vitesses de rotation et translation	5
Exemple d'expérience utilisant le système	6
Contexte :	6
Matériel nécessaire	6
Tâche 1	6
Tâche 2	7
Tâche 3	7
Analyse des résultats	7

Introduction

Le protocole présenté dans ce document a pour objectif de faire valider le système de télé opération conçu lors du projet Transpromotion 2017-2018 : "Conception d'une pince avec retour de force adaptée à l'UR3" par : Enzo Constant, Valentin Debenay, Nicolas Delcombel, Julien Doche, Thomas Fochesato, Zuzanna Muszynska, Vincent Da Silva Pinto, Jérémy Quintin et Thierry Rouch.

Définition du cadre

Notre système est destiné à être utilisé dans le cadre d'une situation de téléopération visant à déplacer des petits objets (masse entre 0 et 1 kg et dimensions ne dépassant pas 6cm³ dans un rayon entre 10 et 50 cm autour du robot.

Ce cadre d'utilisation impose le respect de certains critères : la latence du système, la vitesse de déplacement du robot, la charge utile, la précision spatiale du robot, l'écart de position en l'interface de contrôle de la pince et la pince, force de la pince applicable

La latence

La latence influe sur la temporalité entre une action effectuée par l'utilisateur et le retour fourni par le système. Au-delà de certaines valeurs, il devient difficile d'associer les retours du système aux actions effectuées et l'utilisateur doit alors opter pour des stratégies qui limitent l'utilisabilité du système. Tout retour d'un système arrivant avant même que l'action soit effectuée ne pourra être perçu comme une conséquence de cette action car les effets sont censés temporellement suivre leur cause et non l'inverse. Par contre, un retour visuel arrivant jusqu'à 500 ms après l'action pourra être perçu comme une conséquence de l'action.

Si la latence d'un système interactif fournissant un retour visuel est inférieure à 500 ms, elle ne devrait pas perturber la sensation pour l'utilisateur que ses actions sont bien la cause de ce qu'il voit.

(Source : Elie CATTAN. Analyse de la latence et de sa compensation pour l'interaction au toucher direct : aspects techniques et humains. Informatique. Université de Grenoble. 26 septembre 2017. Français)

Dans le cadre du projet, le système doit avoir une latence inférieure à 500ms.

La charge utile

L'UR3 automatise des tâches pour des éléments allant jusqu'à 3 kg (d'après le constructeur). Cependant, il faut prendre en compte également la masse du système

dans le calcul. Le système ajoute également de la fragilité, notamment à son point de fixation au robot.

La pince elle-même ne peut assumer une charge de 3 kg en raison des matériaux à partir desquels elle a été construite. Dans le cadre de ce projet, nous limitons la charge utile maximale à 1kg.

Le rayon d'action

L'UR3 a un rayon d'action de 50 cm d'après les spécifications techniques, par conséquent, il s'agit d'un facteur limitant au sein du système. Par ailleurs, la surface de travail sur laquelle est fixée la pince limite davantage les mouvements du robot.

Vitesses de rotation et de translation

D'après Universal Robots, les vitesses maximales atteintes par le système sont :

- 360°/s pour les 3 articulations du poignet
- 180°/s pour les autres articulations
- 1 m/s pour l'outil

Etant donné que l'utilisation du joystick pour le pilotage du robot utilise la vitesse du déplacement du joystick de manière à avoir une cohérence entre la vitesse de déplacement de l'interface de commande et la vitesse de déplacement de l'outil, il est nécessaire de mesurer expérimentalement les vitesses afin de s'assurer que la phase d'approche dure 10 secondes au plus.

Protocole de tests

Latence de la commande de la pince :

Objectif à valider : La latence du système doit être inférieure à 500ms.

Matériel :

- UR3
- Pince installée sur l'UR3
- Interface de contrôle de la pince
- Ordinateur

Protocole de mesure :

- 1) Préparer le système et établir les connexions nécessaires.
- 2) Vérifiez le bon fonctionnement du système.
- 3) Modifier le script SerialTest.py afin d'afficher un premier timestamp correspondant au moment de l'envoi de l'instruction de déplacement.
- 4) Modifier le script SerialTest.py afin d'afficher un second timestamp correspondant à la réception de données par l'Arduino contrôlant la pince.

- 5) Relever les valeurs obtenues pour 10 essais et déterminer la latence maximale de ce système.

Latence de la commande de l'UR3

Objectif à valider : La latence du système doit être inférieure à 500ms.

Matériel :

- UR3
- Joystick
- Ordinateur

Protocole de mesure :

- 1) Préparer le système et établir les connexions nécessaires.
- 2) Vérifier le bon fonctionnement du système.
- 3) Modifier le script joystick_control_Nolnerty.py afin d'afficher un premier timestamp correspondant au moment de l'envoi de l'instruction de déplacement provenant du joystick.
- 4) Modifier le script joystick_control_Nolnerty.py afin d'afficher un second timestamp correspondant à la réception de données par l'UR3.
- 5) Relever les valeurs obtenues pour 10 essais et déterminer la latence maximale de ce système.

Charge utile

Objectif à valider : Le système permet de déplacer des objets dont la masse n'excède pas 1kg.

Matériel :

- Système complet :
- UR3
- Joystick
- Ordinateurs
- Pince
- Interface de contrôle de la pince
- Objets de masse différentes de 5g à 1kg

Protocole de mesure :

- 1) Calculer la charge utile théorique $ch_{Util_{th}} = ch_{totale} - m_{pince}$ sachant que $ch_{totale} = 3000\text{ g}$ et $m_{pince} = 230\text{g}$
- 2) Soulever les objets dans l'ordre croissant de masse. Surveiller le fonctionnement des servo-moteurs afin d'éviter toute panne.

Rayon d'action

Objectif à valider : Le système permet de déplacer des objets dans un rayon entre 10 et 50 cm autour du robot UR3

NB. La géométrie de la table sur laquelle est fixée le robot ne permet pas de tester véritablement cette hypothèse.

Matériel :

- Système complet :
- UR3
- Joystick
- Ordinateurs
- Pince
- Interface de contrôle de la pince
- cube en carton de 3cm de côté

Protocole de mesure :

- 1) Placer un cube pour chaque distance donnée :
 - 10cm de la base
 - 20cm de la base
 - 30cm de la base
 - 40cm de la base
 - 50cm de la base
- 2) Pour chaque rayon donné, attraper l'objet en vérifiant la faisabilité du mouvement.

Vitesses de rotation et translation

Objectif à valider : La phase d'approche de la pince vers l'objet n'excède pas 10 secondes.

NB. La durée maximale souhaitée a été déterminée de manière empirique compte tenu de la portée de l'outil.

Matériel :

- Système complet :
- UR3
- Joystick
- Ordinateurs
- Pince
- Interface de contrôle de la pince
- Cube en carton de 3cm de côté

Protocole de mesure :

- Vitesse de rotation :

- 1) Pour chaque articulation, relever une position angulaire de référence.

1) Effectuer une rotation de 360° autour de l'axe tout en chronométrant le mouvement.

- Vitesse de translation :

- 1) Déterminer un mouvement de plus grande amplitude de translation pure de manière empirique
- 2) Mesurer la distance de parcours de ce mouvement
- 3) Effectuer le mouvement choisi tout en chronométrant le mouvement.

Exemple d'expérience utilisant le système

Afin de donner un exemple concret de cas d'utilisation du système dans le cadre des enseignements à l'Ecole Nationale Supérieure de Cognitique, voici un scénario s'intéressant à la coopérative entre humains et la machine.

Contexte :

Le système pourrait servir pour comparer l'efficacité d'un pilotage seul par rapport à un pilotage coopératif en binôme. Dans ce cadre, une personne pilote le bras robotique et l'autre la pince pour une suite de tâches de difficulté croissante.

L'expérience se déroule dans la salle de l'UR3, sur au moins 5 binômes. Elle doit être encadré par au moins deux personnes : une pour prendre les mesures, l'autre pour observer les utilisateurs à la tâche.

Un questionnaire final pourrait être proposé pour déterminer l'impact de la coopération sur l'opérateur. Les tâches présentées ci-dessous doivent être effectuées aussi bien en binôme que seul (dans ce cas, le protocole est à adapter pour un seul opérateur).

Matériel nécessaire

- UR3
- 2 ordinateurs
- pince installée sur l'UR3
- interface de contrôle de la pince
- scotch de couleur
- objets à déplacer nécessaires aux tâches

Tâche 1

- 1) L'UR3 est placé en position initiale
- 2) A l'aide du scotch, un marqueur est placé à 35cm de la base de l'UR3
- 3) Un cube en carton de 4cm de côté est placé à l'endroit marqué.
- 4) Le chronomètre est démarré
- 5) La personne aux commandes du robot déplace celui-ci de la position initiale jusqu'à la position déterminée par les marqueurs
- 6) La personne en charge de la pince attrape l'objet.
- 7) Le chronomètre est arrêté et la mesure relevée

Tâche 2

- 1) L'UR3 est placé en position initiale
- 2) Une boîte de 15 cm de hauteur est posée à 20cm de la base de l'UR3
- 3) Un Rubik's cube est placé sur la boîte
- 4) Le chronomètre est démarré
- 5) La personne aux commandes du robot déplace celui-ci de la position initiale jusqu'à la position déterminée par les marqueurs
- 6) La personne en charge de la pince attrape l'objet.
- 7) Le chronomètre est arrêté et la mesure relevée

Tâche 3

- 1) L'UR3 est placé en position initiale
- 2) A l'aide du scotch, un premier marqueur est placé à 35cm de la base de l'UR3
- 3) A l'aide du scotch, un deuxième marqueur est placé à 15cm de la base de l'UR3
- 4) Un cube en carton de 4cm de côté est placé à l'endroit marqué.
- 5) Le chronomètre est démarré
- 6) La personne aux commandes du robot déplace celui-ci de la position initiale jusqu'à la position déterminée par le premier marqueur
- 7) La personne en charge de la pince attrape l'objet.
- 8) Les deux personnes doivent amener l'objet à la position du deuxième marqueur et le déposer à l'endroit indiqué
- 9) Le chronomètre est arrêté et la mesure relevée

Analyse des résultats

L'objectif de l'expérience étant la comparaison de performance entre le travail individuel et le travail en coopération, les observables sont multiples :

- la réussite ou l'échec des tâches (objet bien positionné, objet pas cassé, ...)
- la durée de réalisation de chaque procédure
- l'état physio et psychologique des opérateurs