

EXAMEN DE ROBOTIQUE MOBILE – M2 RODECO - IARF

Janvier 2021 – 1h 10 – Documents de cours autorisés

1. On dispose de deux robots manipulateurs séries (Rob_1 , Rob_2) constituées de 7 liaisons rotoïdes pour lesquels on connaît les fonctions de calcul des modèles (MGD, MGI,...).

On connaît parfaitement le modèle numérique de l'environnement W ainsi que des robots utilisés, ce qui nous permet de calculer facilement les collisions (ou distances) entre W et les robots.

On dispose d'un algorithme de planification de trajectoire probabiliste, PRM , pour un robot série constitué de n liaisons. Toutes les fonctions de base sont disponibles (plus proche voisin, échantillonnage, méthode locale...)

On peut donc planifier des trajectoires sans collision pour les robots dans W .

Problème : on souhaite maintenant planifier la trajectoire d'un objet A qui est porté par les deux robots Rob_1 et Rob_2 . A chaque instant l'objet doit être porté par les deux robots qui forment ainsi une chaîne fermée. On connaît la situation initiale et finale désirées de l'objet A .

- (a) Donner la dimension de l'espace des configurations associé à ce système.
- (b) Expliquer comment adapter votre méthode de planification PRM afin de répondre au problème. Expliciter les modifications nécessaires dans les fonctions de base du PRM .

2. Robot de nettoyage

Un robot mobile circulaire (rayon r), noté RM , doit balayer un bâtiment plan constitué d'une seule pièce comportant des obstacles (voir figure 1). Un repère global est attaché à l'environnement W et le modèle de W et ses caractéristiques géométriques (murs et obstacles) sont parfaitement connus dans ce repère.

L'environnement W est aussi équipé de balises (position parfaitement connue) et à tout instant le robot peut percevoir, seulement à l'arrêt, au moins une balise (nombre de balises = n_B).

Pour effectuer la tâche on suppose que l'outil de nettoyage est de largeur $2.r$ et qu'il est porté sur l'axe central (voir figure 1).

On considère que le RM est équipé de :

- un système odométrique,
- un capteur de détection de balise. La commande $DETECT(i)$ retourne la distance entre le robot et la balise demandée i (la balise est repérée par un numéro, $i = 1, \dots, n_B$),
- une ceinture de capteur proximétrique pour la détection d'obstacles proches (distance $< r$)

La commande de mouvement est un asservissement en position et en orientation qui prend en entrée la configuration désirée dans le repère global et utilise l'odométrie pour réaliser l'asservissement. Pour se déplacer de la configuration courante à la configuration (x_r, y_r, θ_r) , définie dans le repère global, on utilise la commande $POSITION(x_r, y_r, \theta_r)$. L'exécution de la commande $POSITION(x_r, y_r, \theta_r)$ oriente le robot dans la direction du point (x_r, y_r) , déplace le robot de la configuration courante au point (x_r, y_r) dans le repère courant du robot par une translation pure puis effectue une rotation propre pour atteindre la valeur (θ_r) dans le repère global du robot.

- (a) Planification de trajectoire

L'objectif ici est de planifier une trajectoire sans collision entre deux configurations de RM .

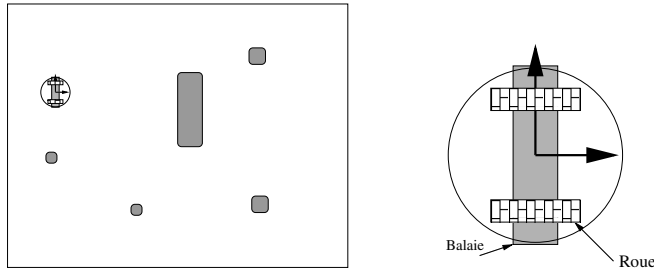


FIGURE 1 – Modèle de l'environnement et du robot avec son outil

- i. En considérant aucune erreur sur l'odométrie, ni de commande, donner un algorithme en pseudo code de planification de trajectoire. Votre algorithme est-il complet ?
- ii. On considère maintenant que le système odométrique engendre une erreur en orientation lors du mouvement de translation pure de la commande *POSITION*. Le déplacement se fait dans la direction $\theta \pm \varepsilon_\theta$ au lieu de θ (ε_θ petit).

Expliquer la conséquence de cette erreur sur votre méthode de planification.

Donner une méthode de localisation permettant d'effectuer correctement la tâche en utilisant le minimum de balises. Ecrire les équations permettant de localiser le robot (ne pas les résoudre).

(b) Balayage de surface

L'objectif de la tâche robotique est maintenant de pouvoir **balayer la totalité de la surface** de la pièce sans collision avec les obstacles connus. On suppose qu'il n'y a pas d'obstacles inconnus.

- i. Proposer et justifier une méthode de planification en supposant que la trajectoire planifiée sera exactement suivie par le *RM* pour effectuer la tâche (pas d'erreur de localisation ni de commande). Donner et expliquer un schéma global de fonctionnement (expliquer comment vous utilisez la localisation, les changements de repère, la commande, planification, ...). Donner un algorithme en pseudo-code en explicitant les fonctions.
- ii. On suppose maintenant que le système odométrique n'accumule de l'erreur que sur l'orientation du robot (pas d'erreur en distance parcourue, connue parfaitement). Votre méthode précédente est-elle correcte ? Dans le cas contraire comment la modifier pour exécuter correctement le balayage.
- iii. Comment modifier votre approche si le robot mobile est non-holonyme avec un rayon de giration borné ?