

Commande d'un robot mobile

Thao Dang

Dynamique du robot

$$dx/dt = (v_g + v_d)\cos(\theta)/2$$

$$dy/dt = (v_g + v_d)\sin(\theta)/2$$

$$d\theta/dt = (v_g - v_d)/l$$

x et **y** décrivent la position courante du robot;

θ est son orientation;

v_g et **v_d** sont les vitesses des roues

l est la distance entre les deux roues.

Commande de l'orientation

Nous utilisons la différence entre les vitesses des roues pour contrôler l'orientation

Variable de commande (entrée): $u = (v_g - v_d)$.

La fonction de transfert de θ par rapport à u est

$$H(s) = \theta(s)/u(s) = 1/s$$

Commande de l'orientation

Contrôleur PI dont la fonction de transfert:

$$C(s) = k(s/T_i + 1)$$

k est le gain

T_i est la constante du temps du contrôleur

Stabilité

Boucle fermée $H_c(s) = (H(s)C(s)) / (1 + H(s)C(s))$

Dénominateur: $s^2 + (k/l T_i)s + k/l$

Stabilité: racines à partie réelle négative !

Commande de distance

Suppose que θ reste « constant », et pour viser un point but on considère sa distance dans la direction θ

$$\delta = (x_f - x)\cos\theta$$

$$d\delta/dt = -M (\mathbf{v}_g + \mathbf{v}_d)/2 = -Mu$$

Variable de commande ici est $u = (\mathbf{v}_g + \mathbf{v}_d)/2$

Commande de trajectoire

Sortie du contrôleur d'orientation $u_\theta = (vg - vd)$

Sortie du contrôleur de distance $u_\delta = (vg + vd)$.

$$vg = (u_\delta + u_\theta)/2$$

$$vd = (u_\delta - u_\theta)/2$$

vg et vd doivent satisfaire les limites de vitesse

Discrétisation

Pour implanter les contrôleurs, discrétiser l'opérateur **s**

Si on choisit une période d'échantillonnage **Te** et une approximation **du premier ordre**, on a

$$s \approx z^{-1} / zT_e$$

En plus du critère de **Shannon**, il faut garantir que la boucle fermée discrétisée soit stable.

Par exemple, il faut discrétiser la dynamique de l'orientation et puis calculer la fonction de transfert en Z de la boucle fermée

Multi-tâche

Différentes tâches

- Suivre une trajectoire de référence (e.g. un autre robot, un parcours défini)
- Eviter des obstacles (statique ou dynamique)
- Communication avec d'autres robots

Notre projet

Commande de robot LEGO pour:

- Suivre une ligne noire
- Eviter un obstacle

Commande hiérarchique:

- Niveau plus haut: **planification** (définition dynamique la trajectoire à suivre)
- Niveau plus bas: **contrôleur de trajectoire (PID)**

Planification

Suivre une ligne noire

Le robot possède deux capteurs de lumière G (gauche) et D (droite) qui pointent vers le sol pour détecter une ligne noire.

A partir des valeurs des capteurs , on déduit la déviation du robot par rapport la ligne noire (qui définit les consignes pour les contrôleur de bas niveau)

Planification

Eviter des obstacles:

- Réduire la vitesse
- Faire demi-tour

Implantation de commande

Aspect multi-tâche

- Une tâche de suivre la ligne
- Une tâche d'éviter un obstacle (activée seulement quand un obstacle est détecté)

Modélisation réaliste

On considère différentes sources d'incertitudes

- Non-linéarité
- Perturbations externes
- Imprécision et délais de capteurs et d'actuateurs
- Erreurs de discrétisation
- Divers erreurs numériques