

Commande d'un robot suiveur de ligne

Thao Dang

CNRS-VERIMAG, 2, av. de Vignate, 38610 Gieres, France

1 Suivre une ligne noire

Supposons que le robot possède deux capteurs de lumière G (gauche) et D (droite) positionnés sur le devant et qui pointent vers le sol afin de détecter une ligne noire.

Le robot possède deux moteurs connectés à ses deux roues. On doit connaître les valeurs que les capteurs retournent quand ils voient une « couleur » entre le noir et le blanc. Autour de chaque capteur, il y a une petite zone qu'il peut voir. Supposons que les capteurs soient calibrés sur une échelle de 0 (noir) à 100 (blanc). Si la zone est complètement noire, le capteur retourne 0. Si la zone est complètement blanche, le capteur retourne 100.

Si un capteur retourne une valeur $c < 100$, on sait que le robot n'est plus aligné avec la ligne et il faut le faire tourner vers ce capteur d'un angle proportionnel à cette valeur c .

On utilise les informations fournies par les capteurs comme suit (on suppose que le robot est initialement aligné sur la ligne) :

- Si les deux capteurs voient le blanc, le robot va tout droit (sauf dans des cas particuliers tels que dans une manœuvre de demi-tour).
- Si un seul capteur voit le blanc, le robot tourne vers le capteur qui voit le noir.
- Si les deux capteurs voient le noir, le robot s'arrête et attend l'intervention de l'utilisateur pour le remettre sur la ligne.

Pour réaliser cette stratégie, notons que l'orientation θ du robot est contrôlée par la différence entre les vitesses des deux roues v_G et v_D , ce qui est réalisé par le contrôleur d'angle. La vitesse du robot est contrôlée par la moyenne de v_G et v_D , ce qui est réalisé par le contrôleur de distance.

Dans le modèle fourni, ces deux contrôleurs réalisent les trajectoires du robot en fonction de la différence entre les coordonnées courantes du robot et celles du point cible (x_{final}, y_{final}) . Nous allons combiner ces contrôleurs avec un planificateur de trajectoire qui change le point cible « implicitement » en fonction des informations venant des capteurs.

Le problème est maintenant de suivre une ligne que le robot ne peut pas connaître. Il peut seulement, à partir des informations venant des capteurs, estimer sa déviation par rapport à la ligne.

Nous allons d'abord contrôler l'orientation du robot, c'est-à-dire déterminer la commande qui agit sur la différence $v_G - v_D$. Pour corriger l'angle du robot, on définit l'erreur d'angle (la différence entre l'angle courant et l'angle désiré) que l'on veut ramener à 0. Notons que dans le contexte du suiveur de ligne,

on peut estimer cette différence sans connaître l'angle désiré. Cette erreur est $k(100 - c)\pi/200$ si le robot doit tourner à gauche (k est une constante positive), et $-k(100 - c)\pi/200$ s'il doit tourner à droite. Ensuite, cette erreur est donnée en entrée du PID du contrôleur d'angle.

On doit encore contrôler la vitesse du robot, car le contrôleur d'angle détermine seulement la différence entre v_G et v_D .

- Quand le robot ne doit pas tourner, on peut laisser la vitesse du robot constante, par exemple en créant à l'entrée du contrôleur de distance une « erreur » de distance constante. Dans ce cas, une solution plus simple est de désactiver la partie intégrale du PID et de garder l'entrée constante.
- Quand le robot doit tourner, si la vitesse courante du robot est trop grande et que la ligne est très courbée, le robot peut faire de grands dépassements. Donc, quand le robot doit tourner beaucoup, on devra réduire sa vitesse (par exemple, en réduisant l'erreur à l'entrée du contrôleur de distance).

2 Éviter l'obstacle

Quand le robot détecte un obstacle, la stratégie que l'on utilise est la suivante : le robot tourne de 180 degrés pour ensuite continuer dans le sens inverse. Pour ceci on doit faire tendre sa vitesse vers 0 et le faire tourner en donnant une erreur constante à l'entrée du contrôleur d'angle, comme par exemple $m\pi/200$ avec $0 < m < 100$, et ce, jusqu'au moment où les capteurs détectent que le robot a complété son demi-tour. La fin du demi-tour peut par exemple être détectée comme suit : (1) si les deux capteurs sont en train de voir le blanc, il faut attendre un certain temps minimal, puis que les deux capteurs voient le blanc de nouveau, ou bien (2) il faut qu'au moins un capteur voie le noir et ensuite le blanc.

3 Commande avec un seul capteur de lumière

Il est possible de réaliser un robot suiveur de ligne avec un seul capteur de lumière, en mettant le capteur au-dessus d'un bord de la ligne, par exemple celui de droite. Si le capteur donne une valeur autour de 50, ceci indique que le robot est plus ou moins aligné avec la ligne. Une valeur plus petite que 50 indique que le robot est dévié vers la droite. Pourtant, avec un seul capteur il est difficile d'obtenir une bonne précision de l'estimation de l'erreur et le robot devra rester suffisamment lent.

4 Émulation des capteurs.

La figure 1 illustre les sorties des capteurs quand le robot est en train de suivre un segment de ligne dont un point limite est l'origine, et la pente de ce segment est θ_l . La position courante du robot est représentée par le point C avec les coordonnées (x, y) et son orientation est θ .

On peut voir sur cette figure que le robot est dévié vers la gauche et que la zone de vue du capteur G intersecte la ligne noire. La sortie de ce capteur dépend donc du ratio entre la surface de la zone sombre et la surface totale de la zone de vue. Un modèle Simulink pour l'émulation des sorties des capteurs est fourni (voir la page du cours).

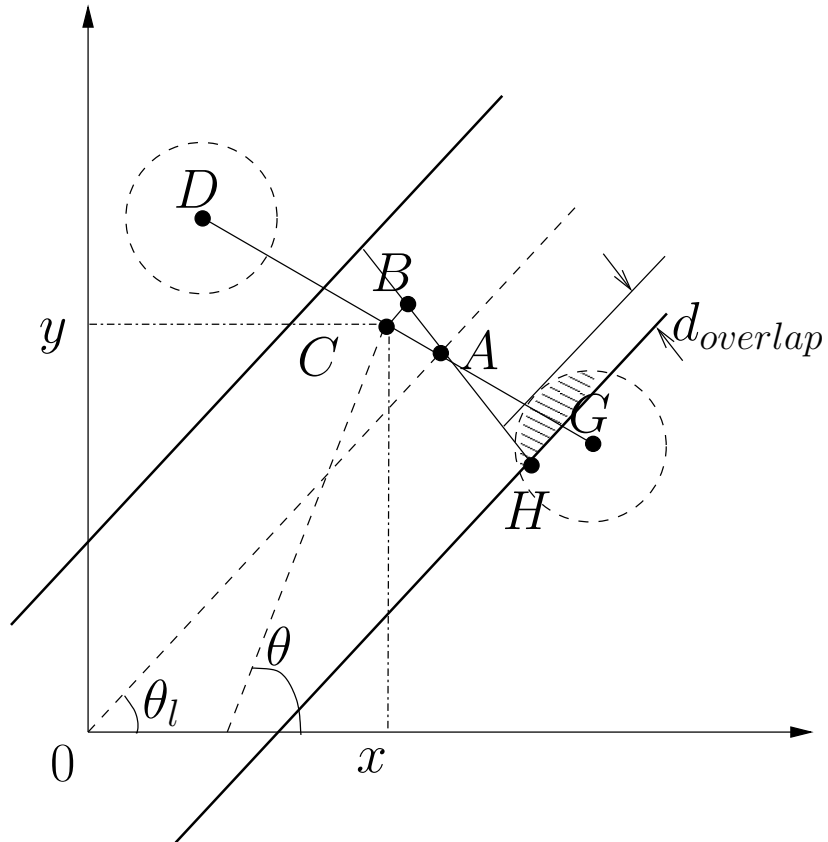


Fig. 1. Émulation des capteurs