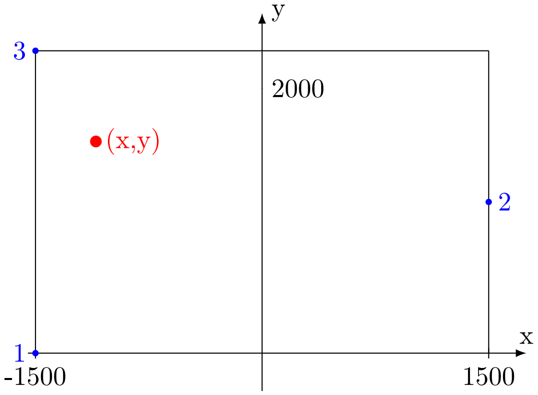
Repérage d'un syséme à ultrason et filtrage

Clément Besnier

9 octobre 2015

1 Introduction

Chaque année a lieu la coupe de France de robotique. Durant cette compétition, deux robots évoluent sur une table de deux mètres sur trois en 90 secondes pour obtenir un maximum de points. La table étant partagée en même temps par deux robots, il est nécessaire d'éviter le robot adverse pour des raisons de sécurité et pour des raisons stratégiques, il est même préférable de savoir à tout moment où le robot adverse est situé sur la table. C'est la raison même d'un tel système de balisage.



2 Système de balisage

Le système de balisage est composé d'une partie émettrice et d'une partie réceptrice. La partie émettrice (PE) est placée sur le robot adverse et émet des ultrasons. La partie réceptrice (PR) est composée de trois balises qui se trouvent autour de la table (Voir figure 1). Les trois balises sont synchronisées entre elles mais ne le sont pas avec la partie émettrice.

3 Repérage

PE émet à intervalle régulier un signal particulier. Soient

$$t_1, t_2, t_3$$

, respectivement les dates de répception du même signal par PR. Comme PE et PR ne sont pas synchronisées il est impossible de calculer la durée entre l'émission du signal et sa réception et donc on ne peut pas trianguler le signal pour en retrouver l'origine. Cependant, on est certain des trois valeurs suivantes :

$$t_1 - t_2$$

$$t_1 - t_3$$

$$t_2 - t_3$$

, ce qui est proportionnel à

$$m_1 = d((x,y),PR1) - d((x,y),PR2)$$
$$m_2 = d((x,y),PR1) - d((x,y),PR3)$$
$$m_3 = d((x,y),PR2) - d((x,y),PR3)$$

, il faut juste multiplier les différences de dates par la vitesse du son dans l'air dans des conditions normales. Les mesures

$$m_1, m_2, m_3$$

permettent de retrouver (x,y) en résolvant le système.

4 Interprétation et résolution

Les trois équations du systéme représentent trois équations d'hyperbole. (x,y) se retrouvent à l'intersection de trois branches d'hyperbole. Cependant,la formule donnée à Mathematica donne, pour chaque couple possible d'équation, deux solutions. Au total il y a 6 solutions.

équation 1 1 2

$$a = \sqrt{-(-10+{m_1}^2)*(m_1+m_2)^2*(-10+{m_2}^2)*(-4+{m_1}^2-2*{m_1}^2+{m_2}^2)}$$

$$x = \frac{-(-12+6*{m_1}^2-12*m_1*m_2+3*{m_1}^3*m_2+6*{m_2}^2-6*{m_1}^2*{m_2}^2+3*m_1*{m_2}^3+a)}{4*(-18+5*{m_1}^2-8*m_1*m_2+5*{m_2}^2)}$$

$$Q = 4*(m_1+m_2)*(-18+5*{m_1}^2-8*m_1*m_2+5*{m_2}^2)$$

$$y = \frac{-1}{Q*(72*m_1-28*{m_1}^3+72*m_2+4*{m_1}^2*m_2+{m_1}^4*m_2+20*m_1*{m_2}^2+{m_1}^3*{m_2}^2-12*{m_2}^3-{m_1}^2*{m_2}^3-m_1*{m_2}^4-3*m_1*a+3*m_2*a)}$$

équation 2 1 2

$$a = \sqrt{-(-10+{m_1}^2)*(m_1+m_2)^2*(-10+{m_2}^2)*(-4+{m_1}^2-2*m_1*m_2+{m_2}^2)}$$

$$x = \frac{-(-12+6*{m_1}^2-12*m_1*m_2+3*{m_1}^3*m_2+6*{m_2}^2-6*{m_1}^2*{m_2}^2+3*m_1*{m_2}^3-a)}{4*(-18+5*{m_1}^2-8*m_1*m_2+5*{m_2}^2)}$$

$$Q = 4*(m_1+m_2)*(-18+5*{m_1}^2-8*m_1*m_2+5*{m_2}^2)$$

$$y = \frac{-1}{Q*(72*m_1-28*{m_1}^3+72*m_2+4*{m_1}^2*m_2+{m_1}^4*m_2+20*m_1*{m_2}^2+{m_1}^3*{m_2}^2-12*{m_2}^3-{m_1}^2*{m_2}^3-m_1*{m_2}^4+3*m_1*a-3*m_2*a)}$$

équation 1 2 3

$$a = \sqrt{-(-10+{m_2}^2)*(-2*m_2+m_3)^2*(-4+{m_3}^2)*(-10+{m_2}^2-2*m_2*m_3+{m_3}^2)}$$

$$x = \frac{-(-12+6*{m_3}^2+3*{m_2}^2*{m_3}^2-3*m_2*{m_3}^3-a)}{4*(-18+2*{m_2}^2-2*m_2*m_3+5*{m_3}^2)}$$

$$y = \frac{-144*m_2+16*{m_2}^3+72*m_3-56*{m_2}^2*m_3+4*{m_2}^4*m_3+80*m_2*{m_3}^2-8*{m_2}^3*{m_3}^2-28*{m_3}^3+5*{m_2}^2*{m_3}^3-m_2*{m_3}^4+3*m_3*a}{4*(2*m_2-m_3)*(-18+2*{m_2}^2-2*m_2*m_3+5*{m_3}^2)}$$

équation 2 2 3

$$a = \sqrt{-}(-10 + {m_2}^2) * (-2 * m_2 + m_3)^2 * (-4 + {m_3}^2) * (-10 + {m_2}^2 - 2 * m_2 * m_3 + {m_3}^2)$$

$$x = \frac{-(-12 + 6 * {m_3}^2 + 3 * {m_2}^2 * {m_3}^2 - 3 * m_2 * {m_3}^3 + a)}{4 * (-18 + 2 * {m_2}^2 - 2 * m_2 * m_3 + 5 * {m_3}^2)}$$

$$y = \frac{-144 * m_2 + 16 * {m_2}^3 + 72 * m_3 - 56 * {m_2}^2 * m_3 + 4 * {m_2}^4 * m_3 + 80 * m_2 * {m_3}^2 - 8 * {m_2}^3 * {m_3}^2 - 28 * {m_3}^3 + 5 * {m_2}^2 * {m_3}^3 - m_2 * {m_3}^4 - 3 * m_3 * a}{4 * (2 * m_2 - m_3) * (-18 + 2 * {m_2}^2 - 2 * m_2 * m_3 + 5 * {m_3}^2)}$$

équation 1 3 1

$$a = \sqrt{(-(-10 + {m_1}^2) * (2 * m_1 + m_3)^2 * (-4 + {m_3}^2) * (-10 + {m_1}^2 + 2 * m_1 * m_3 + {m_3}^2))}$$

$$x = \frac{-(-12 + 6 * {m_3}^2 + 3 * {m_1}^2 * {m_3}^2 + 3 * m_1 * {m_3}^3 + a)}{4 * (-18 + 2 * {m_1}^2 + 2 * m_1 * m_3 + 5 * {m_3}^2)}$$

$$y = \frac{-144 * m_1 + 16 * {m_1}^3 - 72 * m_3 - 8 * {m_1}^2 * m_3 + 4 * {m_1}^4 * m_3 + 16 * m_1 * {m_3}^2 + 8 * {m_1}^3 * {m_3}^2 + 12 * {m_3}^3 + 5 * {m_1}^2 * {m_3}^3 + m_1 * {m_3}^4 - 3 * m_3 * a}{4 * (2 * m_1 + m_3) * (-18 + 2 * {m_1}^2 + 2 * m_1 * m_3 + 5 * {m_3}^2)}$$

équation 2 3 1

$$a = \sqrt{-(-10 + {m_1}^2) * (2 * m_1 + m_3)^2 * (-4 + {m_3}^2) * (-10 + {m_1}^2 + 2 * m_1 * m_3 + {m_3}^2)}$$

$$x = \frac{-(-12 + 6 * {m_3}^2 + 3 * {m_1}^2 * {m_3}^2 + 3 * m_1 * {m_3}^3 - a)}{4 * (-18 + 2 * {m_1}^2 + 2 * m_1 * m_3 + 5 * {m_3}^2)}$$

$$y = \frac{-144 * m_1 + 16 * {m_1}^3 - 72 * m_3 - 8 * {m_1}^2 * m_3 + 4 * {m_1}^4 * m_3 + 16 * m_1 * {m_3}^2 + 8 * {m_1}^3 * {m_3}^2 + 12 * {m_3}^3 + 5 * {m_1}^2 * {m_3}^3 + m_1 * {m_3}^4 + 3 * m_3 * a}{4 * (2 * m_1 + m_3) * (-18 + 2 * {m_1}^2 + 2 * m_1 * m_3 + 5 * {m_3}^2)}$$

5 Modélisation et Simulation

Avant de pouvoir faire des mesures sur le robot, on simule les mesures de deux manières différentes. La première consiste à ajouter un bruit gaussien aux

$$m_1, m_2, m_3$$

et la deuxième est d'ajouter un bruit gaussien au couple véritable (x,y).

6 Filtrage

Pour chaque modèle, on essayera un filtrage de Kalman classique, un filtrage de Kalman extended et un filtrage de Kalman unscented.