Estimation pour drones aériens de type avion

January 8, 2021

Le but final est d'obtenir une estimation de la vitesse et de l'attitude du drone en configuration avion..

Après plusieurs vols avec des contrôleurs PixHawk en mode compagnon, on dispose des données suivantes:

- GPS (vitesse et position)
- Magnétomètre
- Accéléromètre
- Gyroscope
- Baromètre
- Pitot
- signaux PWM du radiocontrôleur

Le baromètre et le GPS donnent des mesures quasi identiques: on excluera le baromètre dans la suite.

- Pour une grandeur u son estimée $\hat{u}$ et sa dérivée temporelle $\dot{u}$.
- (x_0, y_0, z_0) les vecteur du repère NED, (x, y, z) les vecteur du repère corps. Le produit vectoriel est noté $\times$.
- v la vitesse du drone,
- q, R le quaternion unitaire et la matrice orthogonale qui représentent l'orientation du drone par rapport au repère.
- Ω le vecteur vitesse de rotation angulaire du repère corps par rapport au repère NED
- Ω_{gyro} la mesure du gyroscope, Ω_b le biais de mesure du gyroscope, δ_{gyro} le bruit de mesure de moyenne nulle
- g le vecteur gravité
- m_0 le champ magnétique terrestre

- a la mesure de l'accéléromètre, a_b le biais de mesure de l'accéléromètre, δ_{acc} le bruit de mesure de moyenne nulle
- m la mesure du magnétomètre m_b le biais de mesure du magnétomètre, δ_{mag} le bruit de mesure de moyenne nulle
- gps la mesure du GPS, δ_{gps} le bruit de mesure de moyenne nulle
- Pour tout vecteur $x \in R^3$ on note $S(x)$ la matrice de préproduit vectoriel de x.
- Pour toute matrice antisymétrique $M \in R^{3\times3}$ on note $Vect(M)$ le vecteur dont cette matrice est la matrice de préproduit vectoriel.
- $\sum F_{ext}$ la somme des forces extérieures au drone s'appliquant sur celui-ci.

Dynamique

La dynamique du système est:

$$\begin{cases} \dot{v} = \sum F_{ext} \\ \dot{R} = RS(\Omega) \end{cases}$$

Modèle de mesure

Le modèle de mesure est:

$$\begin{cases} \Omega_{gyro} = \Omega + \Omega_b + \delta_{gyro} \\ a = R^T(\dot{v} - g) + a_b + \delta_{acc} \\ m = R^T m_0 + m_b + \delta_{mag} \\ gps = v + \delta_{gps} \end{cases}$$

Estimation

On considère l'état $X = (v, R, \Omega_b, a_b, m_b)^T$. On a :

$$\dot{X} = \begin{pmatrix} \dot{v} \\ \dot{R} \\ \dot{\Omega}_b \\ \dot{a_b} \\ \dot{m_b} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum F_{ext} \\ RS(\Omega) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

On utilise l'estimateur:

$$
\dot{X} = \begin{pmatrix} \dot{\hat{v}} \\ \dot{\hat{R}} \\ \dot{\hat{\Omega}}_b \\ \dot{\hat{a}}_b \\ \dot{\hat{m}}_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_{GPS}(gps - \hat{v}) \\ R(S(\Omega_{gyro} - \Omega_b) + \epsilon_R) \\ k_{GYRO}\epsilon_R \\ k_{ba}(a - \hat{a}_b - R^T(\dot{\hat{v}} - g)) \\ k_{bm}(m - \hat{m}_b - R^T m_0) \end{pmatrix}
$$

$$
\begin{aligned}
\epsilon_R &= k_m\epsilon_m + k_a\epsilon_a \\
\epsilon_m &= \frac{(m - \hat{m}_b) \times R^T m_0}{||m|| \cdot ||m_0||} \\
\epsilon_a &= \frac{(a - \hat{a}_b) \times R^T(\dot{\hat{v}} - g)}{||a|| \cdot ||g||}
\end{aligned}
$$

On peut augmenter l'estimation en faisant l'hypothèse que le mode avion se déplace avec une vitesse moyenne colinéaire avec l'axe x du drone.

On a ainsi une erreur en rotation augmentée:

$$
\begin{aligned}
\epsilon_R &= k_m\epsilon_m + k_a\epsilon_a + k_x\epsilon_x \\
\epsilon_x &= \frac{x \times R^T\hat{v}}{max(0.1, ||\hat{v}||)}
\end{aligned}
$$

Il est nécessaire de saturer les termes intégraux ($\hat{\Omega}_b$, $\hat{a}_b$, $\hat{m}_b$) pour se prémunir contre les instabilités potentielles.