

Adaptation d'un Contrôleur de Drone Pour des Expériences de Mécanique



Enseignant Responsable: M. Mehdi Amara
Marco Antonio RIOS
Lucas Ernesto LEMOS

Introduction

Les enseignements pratiques de mécanique du point du premier cycle reposent actuellement sur l'analyse du mouvement par la vidéo : la trajectoire plane d'un mobile est numérisée, restituant une série de coordonnées (x, y) en fonction du temps t. Sur cette base, le mouvement peut être analysé quantitativement en passant par les dérivées numériques qui donnent accès à la vitesse, puis l'accélération.

Une approche complémentaire consiste à partir d'une mesure "instantanée" des dérivées via des composants MEMS : accéléromètres, "gyroscopes". Par intégration numérique, on devrait en principe pouvoir remonter à la vitesse, position et orientation du mobile en fonction du temps. Il se trouve que tous ces composants sont présents, autour d'un microcontrôleur, dans le "cerveau" d'un drone. Ces contrôleurs de vol, extrêmement compacts et légers (quelques cm² et grammes), sont vendus à des prix dérisoires (moins de 20 euros). Les contraintes de stabilisation dynamique du drone imposent des fréquences de lecture très élevées sur les capteurs (plusieurs kHz). Il est donc tentant de les transformer en enregistreurs de mouvement low-cost, faciles à embarquer, par exemple, sur un mobile autoporteur.

Resultats

Les experiments sont fait de la manière suivant:

1. Calibrage initiale
2. Mouvement
3. Calibrage finale

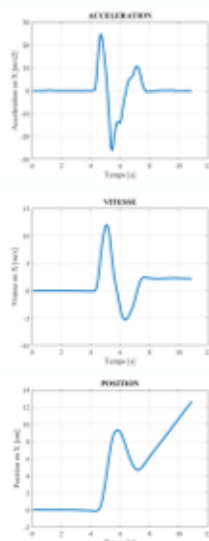
On utilise une première calibrage, qui dure un peu près 4 secondes, pour corriger d'éventuels problèmes d'offset. Ces problèmes peuvent arriver à cause des instabilité du capteur. Comme dans ce temps-là on laisse la carte immobile, on devrait avoir une accélération nulle. Après, on fait un mouvement quelconque. Dans le cas montré à droite, on retrouve un simple mouvement d'aller et retour dans l'axe X.

La dernière calibrage est utilisée aussi pour compenser les problèmes des instabilités. Les 2 dernières secondes font que la correction d'offset puisse être faite proprement. On corrige pour que les valeurs d'accélération au début et à la fin soient toujours à zéro.

Même si on utilise ces techniques, on regarde déjà sur la vitesse des problèmes de dérive que le processus d'intégration apporte. On attendait que la vitesse était zéro pour les deux dernières secondes.

L'erreur d'intégration a deux sources principales. La première c'est le calcul de l'intégrale, puisque à chaque itération l'erreur est accumulé. La deuxième c'est la durée du mouvement, qui est lié avec la première source, parce que au fur et à mesure qu'on a plus des points à intégrer, plus on l'accumulera.

L'obtention de la position c'est fait par encore plus une intégration. Comme les données sont déjà perturbés par la première intégration, on regarde que ces résultats sont encore plus erronés.



Plan Future

- Utiliser d'autres capteurs pour améliorer la précision de la mesure
- Sauvegarder les données dans la Blackbox
- Obtenir les données bruts d'accélération avec une résolution plus haute que 14 bits

SP Racing F3

La carte de développement SP Racing F3 a été conçu pour être vraiment pas cher avec une grande performance pour le vols en drone. Comment la carte a le rôle d'être le cerveau, il y a un grand sort de capteurs:

- Accéléromètre (MPU6050)
- Gyroscope (MPU 6050)
- GPS
- Baromètre (MSS611)
- Magnétomètre (HMC5883)



Le contrôleur du SP Racing F3 est le STM32F303 CPU avec 72Mhz d'horloge et tension de 3.3V. La taille de la carte est 36x36mm et le poids est 6 grammes. Il y a une contrôleur du niveau de batterie aussi une alarme de basse tension. Conçu pour être utilisé avec de petites drones de plein air ou de petites et moyennes dimensions, ou comme stabilisateur de caméra autonome.



Pour le commander il y a la plateforme Clean-Flight, il est un logiciel de commande de vol pour drones. Le projet cleanflight, et des projets connexes tels que iNav et Betaflight, sont utilisés sur la plupart des contrôleurs de vol utilisés dans le monde entier.

Intégration Numérique

En général, les estimations de position et de vitesse basées sur l'accéléromètre à partir de capteurs peu coûteux sont vraiment difficile à utiliser. Ce n'est à cause des accéléromètres eux-même, mais puisque l'orientation du capteur doit être connue avec un degré élevé de précision de sorte que les mesures de gravité peuvent être distinguées de l'accélération physique du capteur. Même de petites erreurs dans l'estimation d'orientation vont faire des erreurs élevées dans l'accélération mesurée, ce qui se traduit par des erreurs encore plus grandes dans les estimations de vitesse et de position. Néanmoins, toutes les applications n'exigent pas une grande précision, et parfois la précision absolue n'est pas aussi importante que la capacité de mesurer des écarts à court terme dans la vitesse et la position.[1]

En pratique, les données sont obtenues à intervalles de temps discrets de sorte que la vitesse et la position estimées sont estimées en utilisant

$$\begin{aligned}V[k+1] &= V[k] + T \cdot A[k] \\ S[k+1] &= S[k] + T \cdot V[k]\end{aligned}$$

Où T est la période d'échantillonnage. La période d'échantillonnage peut être non constante et devrait donc être mesurée lors de la réalisation d'estimations. Ceci est plus facile si les données du capteur sont lues à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un ordinateur avec un RTOS (système d'exploitation temps réel). Un PC Windows standard introduira des retards imprévisibles dans l'heure d'arrivée réelle des données en série, ce qui entraînera des problèmes de précision de synchronisation.[2]

Bibliographie

- [1] <http://www.chrobotics.com/library/accel-position-velocity>
- [2] A. Fortin, "Analyse Numérique pour ingénieurs, 2ème éd", éd. Presses Internationales Polytechniques, 2001.