

Etalonnage d'accéléromètres MEMS trois axes

Cette note d'application va répondre à la question suivante: Sans la connaissance préalable de la position d'un accéléromètre trois axes, comment isoler l'accélération due à la pesanteur des accélérations du mobile par rapport à son repère terrestre?

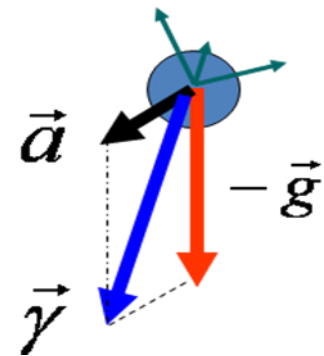
Introduction :

Les accéléromètres sont des capteurs aujourd'hui de plus en plus utilisés dans l'industrie pour la détection et la mesure de mouvements, notamment dans le domaine ferroviaire ainsi qu'en robotique et en automobile. Cela dit, on ne peut exploiter leurs mesures directement, car l'accélération mesurée est non seulement relative au repère de l'accéléromètre, mais contient également une accélération parasite liée à la pesanteur.

Une difficulté majeure à résoudre:

Comment isoler l'accélération due à la pesanteur des accélérations du mobile par rapport à son repère terrestre ?

En effet, un mouvement linéaire peut être caractérisé par un vecteur (ici en noir), qu'il suffit de projeter sur le trièdre choisi (par exemple le repère mobile sur lequel on a fixé l'accéléromètre trois axes). Malheureusement il y a toujours une accélération due à la pesanteur (vecteur rouge), qui est stable suivant un repère fixe (9.81 m/s^2), qui s'ajoute, et l'accéléromètre mesure donc cette somme d'accélérations (vecteur bleu) suivant le repère mobile.



Solutions :

Dans la plupart des travaux précédemment effectués, visant à détecter le mouvement d'un mobile en utilisant les accéléromètres, on attachait un soin particulier au montage de ce dernier de manière à le fixer dans une position et dans une orientation connues, méthode non seulement consommatrice de temps mais également moins précise (due à l'imprécision du montage). L'avancée technique dans ce domaine, a permis de découvrir d'autres solutions automatiques un peu moins contraignantes, notamment en utilisant la matrice de rotation ou les quaternions, cela dit, leur utilisation requiert la connaissance au préalable des angles d'orientation, chose qui rend non seulement le calcul plus compliqué, mais également augmente l'imprécision du résultat final, du à l'ajout de l'imprécision du calcul de ces angles.

Grâce à cette note d'application, nous allons vous présenter une méthode simple et levant toutes ces contraintes. En d'autres termes, on va répondre à la question suivante : sans la connaissance préalable de la position d'un accéléromètre trois axes, comment isoler l'accélération due à la pesanteur des accélérations du mobile par rapport à son repère terrestre?

Orientation de
l'accéléromètre 3
axes sur le
mobile

Orientation
désirée

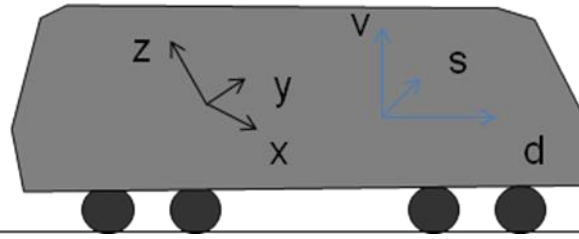


Figure 1 les coordonnées désirées du système

Principe:

Notre approche afin d'obtenir l'information sur l'accélération du mobile indépendamment de l'orientation du capteur, prend en compte le fait que les accéléromètres MEMS, mesurent l'accélération de la pesanteur à l'état statique, ainsi que l'accélération causée par le mouvement du mobile (état dynamique).

L'attraction terrestre à laquelle sont soumis quelques axes de l'accéléromètre, se manifeste dans la sortie du capteur comme une accélération à la direction opposé au long de ce même axe.

Comme on peut le voir sur la Figure 1, l'accéléromètre trois axes se trouve dans une orientation arbitraire sur le mobile. Les trois axes de l'accéléromètre sont nommés dans la figure par x, y, et z. Idéalement, on souhaiterait avoir l'information de l'accélération, en terme d'un système de coordonnées orienté vers la direction du mouvement. Dans la figure, ces axes sont nommées v (pour vertical), d (pour la direction du mouvement horizontal vers le devant), et s (d'habitude de moindre importance) est un axe horizontal perpendiculaire à la direction du mouvement.

Algorithme :

L'algorithme fonctionne comme suit: à l'état statique, pour un intervalle choisi, typiquement quelques secondes, on calcule une estimée de la composante gravité sur chaque axe, et ce, en faisant la moyenne des mesures sur cet intervalle. Avec ceci, on aura estimé le vecteur d'accélération correspondant à la gravité, on le note : $\mathbf{V} = (V_x, V_y, V_z)$, où V_x , V_y et V_z représentent la valeur moyenne des mesures sur l'intervalle choisi pour chaque axe. Soit $\mathbf{a} = (a_x, a_y, a_z)$ le vecteur constitué par les trois accélérations du mobile dans l'intervalle de mesure. On pose $\mathbf{d} = (a_x - V_x, a_y - V_y, a_z - V_z)$ pour représenter la composante dynamique de \mathbf{a} , qui est causée par le mouvement du mobile et non pas par la pesanteur. Ensuite, en utilisant la multiplication vectorielle, on peut calculer la projection \mathbf{p} de \mathbf{d} suivant l'axe vertical \mathbf{V} comme suit: $\mathbf{p} = \left(\frac{\mathbf{d} \cdot \mathbf{V}}{\mathbf{V} \cdot \mathbf{V}} \right) \mathbf{V}$. En d'autres termes, \mathbf{p} est la composante verticale de l'accélération à l'état dynamique du vecteur \mathbf{d} . Ensuite, puisqu'un vecteur 3D est la somme de ses composantes verticales et horizontales, on peut calculer la composante horizontale de l'accélération dynamique par soustraction vectorielle, comme suit: $\mathbf{h} = \mathbf{d} - \mathbf{p}$.

Les résultats de l'algorithme

Les résultats de l'algorithme sur un intervalle de mesure, donnent une estimation de la composante verticale ainsi que l'amplitude des composantes horizontales de l'accélération dynamique, chacune est indépendante de l'orientation du mobile contenant les accéléromètres.

Bibliographie

LAUBIER, A. D. (2008). *Etalonnage et mise en oeuvre d'une centrale inertielle pour la localisation 6D d'un robot mobile*. Clermont Ferrand.

Mercier, G. *LA NAVIGATION INERTIELLE*.

Mizell, D. (2003). Using Gravity to Estimate Accelerometer Orientation.

Samuel, M. P. (2006). *UTILISATION ET EVALUATION DU POTENTIEL DE LA CENTRALE INERTIELLE MTi DE XSSENS POUR UN POSITIONNEMENT PHOTOGRAMMETRIQUE*.