

# CERCETAREA FUNCȚIILOR DE POZIȚIONARE ȘI CONTROL A MICROSATELIȚILOR

**Autor: Sergiu CANDRAMAN**  
**Coordonator științific: conf. univ., dr Nicolae Secrieru**

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Abstract:** Proiectarea și testarea sistemului de determinare a atitudinii într-un mediu universitar este o provocare. Testarea sistemelor de determinare și control a atitudinii într-un laborator este complicată deoarece trebuie luate în considerare ca pe orbita sunt condiții de genul microgravitație și microfrecare care îngreunează obținerea unor teste reale la testare. Echipamentul specializat pentru astfel de testări este fabricat doar la comandă și sunt puține laboratoare în lume care dispun de astfel de tehnologii. Dar chiar și cu aceste testări funcționalitatea sistemului poate fi verificată totalmente doar când satelitul ajunge pe orbita.

**Cuvinte cheie :** Atitudine, senzor, magnetometru, giroscop, accelerometru, calibrare.

## 1. Introducere

Pentru sistemele de determinare și control a atitudinii unui satelit în prezent sunt folosite mai multe metode, unele dintre care sunt metodele mecanice, care sunt considerate mai exacte, dar tendința micșorării sateliților impune trecerea la tehnologiile MEMS.

Există mai multe metode de integrare a MEMS-urilor în sistem una din variante este realizarea concomitentă a microelectronicii și a microelementelor mecanice, varianta este utilizată pentru accelerometre. Alta varianta este iMEMS realizarea microelementelor mecanice înaintea microelectronicii, urmând ca elementele de microelectronică să fie procesate pe aceeași plachetă de siliciu.

## 2. Metodele de utilizare și implementare ale senzorilor MEMS

Una din problemele primordiale ale folosirii senzorilor de orice tip este calibrarea lor pentru un anumit mediu sau sistem. Senzorii de poziționare necesită o atenție sporită la capitolul calibrare deoarece nu pot exista 2 senzori de poziționare fie accelerometru sau magnetometru cu aceleași caracteristici de ieșire, pentru acestea sunt efectuate calibrări ale senzorilor deja integrați într-un sistem.

Spre exemplu pentru unitatea inertială razor 9dof unde sunt prezenți 3 senzori, accelerometrul giroscopul și magnetometrul s-au efectuat o serie de programe de calibrare și demonstrare a funcționalității sistemului inertial deoarece magnetometrul necalibrat poate cauza așanumitul drift sau deviere al sistemului. Adică datorită accelerometrului sistemul arată înclinarea în timp real al sistemului, datorită giroscopului sistemul arată cât de repede se face schimbarea de poziție iar datorită magnetometrului sistemul se aliniază conform câmpului magnetic al pământului. Introducerea datelor eronate de la senzorii necalibrați în matricile de quaternioni va da un rezultat diferit de cel care trebuie să corespundă poziției reale ale sistemului inertial sau alta variantă ar fi ca sistemul inertial inițial se poziționează corect în spațiu dar peste câteva secunde începe să își schimbe poziția.

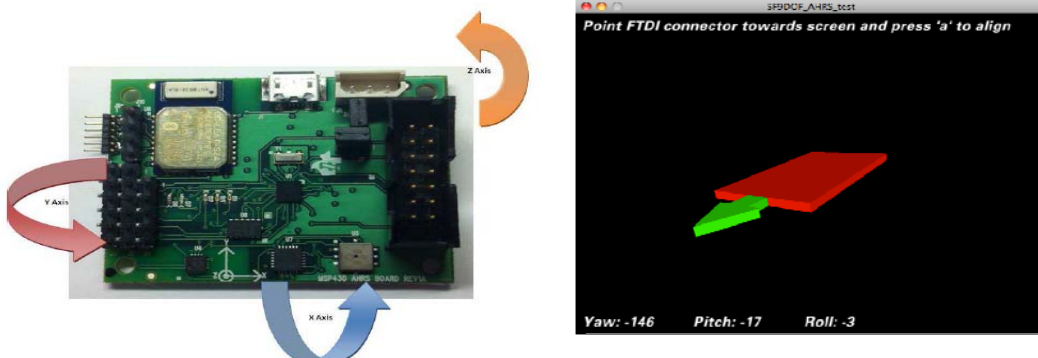


Fig.1. Model de rotire a sistemului inertial pentru calibrarea senzorilor.

Fuzionarea internă a datelor de la accelerometru, magnetometru și giroscop este efectuată prin folosirea unui algoritm DCM (Direction Cosine Matrix). Algoritmul prevede înlăturarea zgomotului și a erorilor apărute în timpul achiziționării datelor de la senzori.

Procedura de calibrare se face pentru fiecare senzor în parte și pentru fiecare axă în parte cum este prezentat în figura 1, se poziționează în forma necesară senzorul, apoi se introduc datele din nou în codul sursă și se recompilază. S-a propus ca după ce a fost efectuată prima calibrare, care se mai numește calibrarea de tip standard se trece la o calibrare mai fină care se numește calibrare avansată. Calibrarea avansată necesită prelucrarea aproximativ a 1000 de rezultate pentru a obține harta senzorului. O hartă a senzorului necalibrat poate arăta ca în figura 2, o hartă a senzorului calibrat standard poate arăta ca în figura 3, iar harta senzorului calibrat complet este prezentat în figura 4.

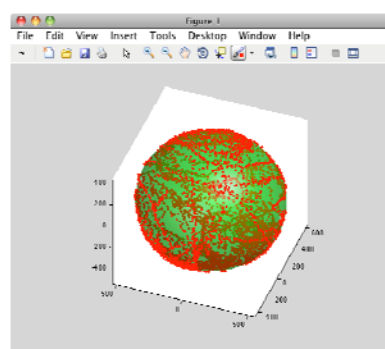
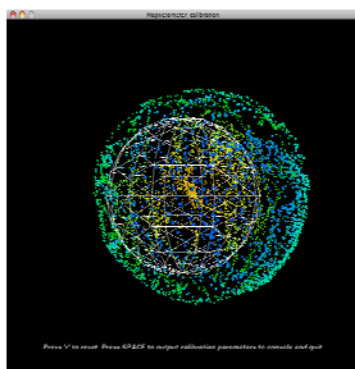
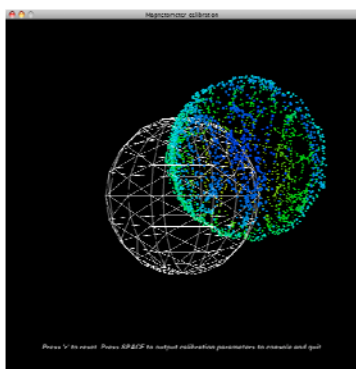


Fig.2. Magnetometru necalibrat.

Fig.3. Calibrare standard.

Fig.4. Forma sferei senzorului calibrat.

Procedura de calibrare avansată constă în introducerea sistemului inertial în regimul de formare a hărții magnetice a senzorului și se efectuează cât mai multe rotații de 360 grade în jurul fiecărei din axe. După calibrarea de tip avansat nu mai poate fi efectuată o calibrare standard. Aceste setări rămân așa până la următoarea schimbare a codului sursă a microcontrolerului folosit în sistem.

Performanța unui magnetometru bun este crucială pentru a obține o poziție corectă în toate direcțiile. Dacă va fi calibrat într-un mediu distorsionat senzorul va da permanente erori. Există câteva tipuri de distorsiuni magnetice. Printre cele mai importante sunt fine și agresive. Alt tip de distorsiune este cea unde sursa de distorsiune poate fi relativă senzorului, adică se mișcă odată cu senzorul. Și ultimul tip de sursă de distorsiune este cea unde sursa este independentă de senzor. Compensarea erorilor unde sursa distorsiunii nu este legată de senzor e posibilă doar la un anumit grad ceea ce necesită aplicarea unor algoritmi mult mai complecși. La moment nu sunt planuri pentru a implementa astfel de algoritmi.

### 3. Concluzie

Cercetarea și demonstrarea noilor posibilități, dezvoltarea sistemelor de achiziție și procesarea datelor în sisteme de control atitudine pe bază de senzori de tip MEMS necesită implementarea algoritmilor noi de ajustare și calibrare.

### Bibliografie

1. Planet Physics: Direction Cosine Matrix. In: <http://planetphysics.org/encyclopedia/DirectionCosineMatrix.html>, August 2005.
2. Charlie Devivero. *Reaction Wheel Engineering Model. Technical report documenting reaction wheel characteristics*, September 2010.
3. Richard M. Dolphus. *Gyroless Attitude Determination*. In: Technical Memorandum, Aerospace Corporation, El Segundo, CA, October 2006.
4. Tutorial: Building an AHRS/Head-tracker using the "9DOF Razor IMU In: <https://dev.qu.tu-berlin.de/projects/sf-razor-9dof-ahrs/wiki/Tutorial>
5. 3-Axis Digital Compass IC HMC5883L [www.honeywell.com/magneticsensors](http://www.honeywell.com/magneticsensors)