

Cercetarea Amplasării Senzorului de Câmp Magnetic pe Bordul Satelitului SATUM

Candraman S., Secieru N.
Centru de Tehnologii Spatiale,
Universitatea Tehnica a Moldovei,
Chișinău, Republica Moldova
candraman_sergiu@mail.utm.md, nsecieru@mail.utm.md

Abstract - The paper deals with the optimal placement of the magnetic field sensor on the board of microsatellite SATUM. We propose two variants investigated for implementation, location outwards or even on a telescopic system which is deployed after the launch into orbit.

Keywords—Magnetometer, Sensors, Positioning, Attitude.

I. INTRODUCERE

Domeniul de cercetare la momentul actual cere de a stabili vectorul dezvoltării și implementării sistemului de atitudine a satelitului SATUM.

În acest context s-au cercetat algoritmi de determinare a poziției absolute în spațiul tridimensional prin intermediul fuzionării mai multor senzori [3].

În lucrările precedente au fost prezentate modelele soft, figura 1, și hard, figura 2, realizate în timpul cercetarilor [1].

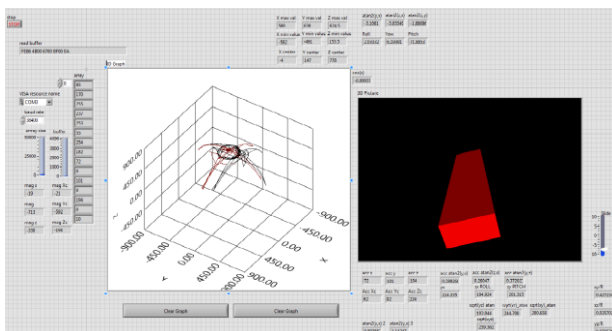


Fig.1. Interfața grafică proiectată pentru IMU (Inertial Measurement Unit).

Modelele soft reprezintă algoritmi implementați deja care permit ajustarea, fuzionarea și rezolvarea problemei de atitudine, și modulul GUI (interfața grafică) în LabVIEW. Modelele hard reprezintă plăcile cu cablaj imprimat adică PCB-urile cu senzorii necesari pentru rezolvarea problemei de atitudine, modulele care preiau datele de la senzori, le filtrează, prelucrează și le transmit către modulul de acționare.

În baza modulului grafic realizat în mediul de proiectare și dezvoltare LABVIEW a fost posibil de realizat o serie de teste și experimente cu senzorii de determinare a poziției absolute.



Fig.2. Giroscop de laborator cu 3 axe de libertate.

Conform testelor efectuate pe modelele LabView și în realitate pe quadcopter s-au determinat exact limitele de funcționare a acestor senzori, în special magnetometrul HMC5883L, care este un sensor destul de des utilizat atât în domeniul comercial cât și în domeniul spațial.



Fig.3. Modulul HMR2300, Magnetometru triaxial inteligent.

La fel au fost efectuate cercetări și pe alți senzori, cum ar fi HMR2300, un senzor triaxial destul de performant, figura 3.

Senzorul HMR2300 este mai mult un modul realizat din 3 senzori de câmp magnetic fiecare din senzori este amplasat pe câte una din axe apoi datele sunt preluate de către un microcontrolor cu codul închis, care filtrează datele și le trimite prin protocolul RS232 către un terminal. În acest studiu s-a

conectat acest modul printr-un terminal RS232 la calculatorul cu mediul LabView, figura 4, și s-a proiectat alt program de comunicare pentru a putea realiza o analiză comparativă între senzorii propuși.



Fig.4. Conectarea modului HMR2300 la PC.

II. PROIECTAREA SISTEMULUI DE ORIENTARE

Senzorul HMC5883L la fel ca și senzorul HMR2300 are o sensibilitate înaltă și din acest motiv s-a ajuns la concluzia că se poate de realizat o determinare reușită și cu acest model de senzor magnetic.

În urma lucrărilor de amplasare a senzorilor în carcasa satelitelui s-a determinat că apare o influență din partea componentelor și a carcasei asupra senzorului de câmp magnetic, în acest context s-a cercetat și instalarea senzorilor în cadrul unui microsatelit. Acest lucru poate fi văzut în figura 5, care reprezintă distorsiunea câmpului magnetic ideal conform caruie trebuie să se determine poziția absolută.

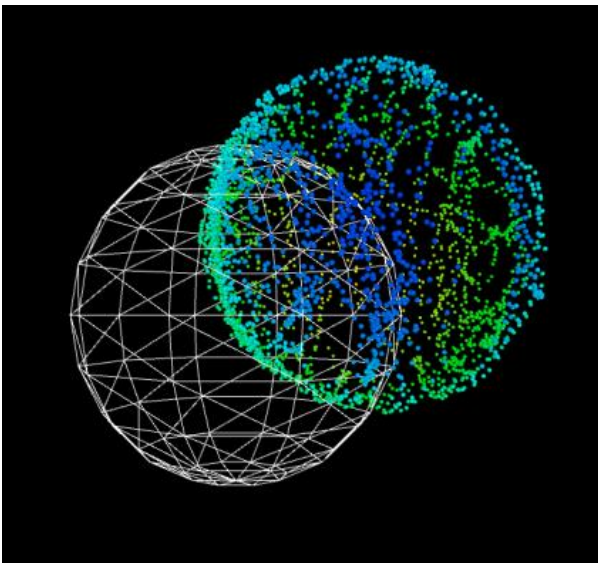


Fig.5. Distorsiunea câmpului magnetic în vecinătatea unui metal.

În vecinătatea unui metal sau component activ senzorul începe să deseneze un elipsoid sau chiar un ou în loc să deseneze o sferă când este rotit pe toate trei axe câte 360 grade, distorsiunea câmpului magnetic mai poate fi evidențiată prin schimbarea centrului de acțiune a senzorului.

Aceste lucrări ne-au determinat să testăm diferite amplasări a senzorului în carcasa satelitelui pentru a diminua maxim posibil influența metalelor și a componentelor active. În urma

testelor realizate s-a stabilit că senzorul poate fi amplasat în două variante generale pe satelit.

Prima variantă și cea mai des folosită de către producătorii de sateliți este de a găsi un loc în cadrul carcasei satelitelui cu un câmp magnetic cât mai liniștit din punct de vedere a acționării roților volante și a magneto-torquer-elor. Adică această localizare a senzorului trebuie să corespundă unui zgomot minim din partea carcasei, pieselor de conexiune în carcasa satelitelui care sunt din material fieros, placilor cu cablaj imprimat și componentelor active cum ar fi motoare electrice care generează un câmp magnetic în timpul funcționării, sau chiar componentele de conversie a energiei electrice de pe bordul satelitelui.

Amplasarea senzorului la bordul satelitelui la fel poate fi instalat în două variante:

- Pe placa cu cablaj imprimat a întregului sistem de navigație, figura 6.

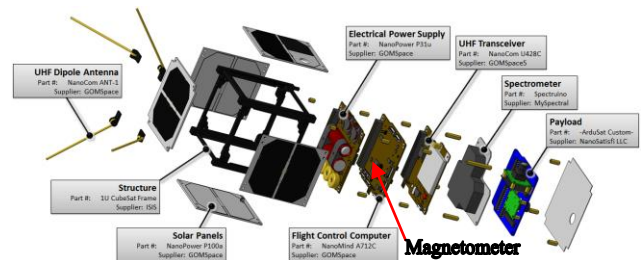
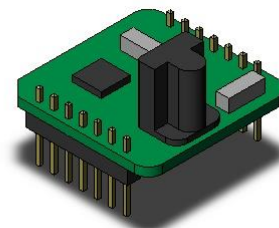


Fig.6. Amplasarea Magnetometrului pe placa sistemului de navigație.

- Pe o placă adițională conectată prin fire flexibile de contact pentru a putea fi amplasată la o distanță anumită de componentele care generează influența dată, figura 7.



MiniMag3, Magnetometer

Fig.7. Modulul magnetometrului pregătit pentru a fi amplasat într-un loc cu zgomot minim.

În această cercetare s-a propus de a găsi acest minim a zgomotului pe care senzorul HMC5883L nu îl determină ca semnal util și care ar influența rezultatele calculului de determinare a atitudinii satelitelui [3].

A 2-a variantă este rezultatul experimentelor de determinare a acestui minim care să nu influențeze calculul atitudinii. Experimentele și cercetările au arătat că senzorul este capabil să compenseze anumite fluctuații și erori ale câmpului magnetic determinat de senzor, fie prin schimbarea parametrilor de funcționare însuși a senzorului cât și prin aplicarea algoritmilor de compensare a erorilor [5]. Dar scopul

final este de a obține un modul care să fie capabil să poziționeze satelitul cu o precizie mare, aici apare ideea de a scoate senzorul din interiorul carcasei la o distanță de cel puțin 30cm. Valoarea de 30cm este o valoare determinată empiric, prin experimente. Determinarea minimumului de influență a fost efectuată cu ajutorul unui dispozitiv elaborat special pentru acest lucru, care l-am denumit "MAGCAM", diagrama tridimensională a acestuia fiind prezentată în figura 8 [7].

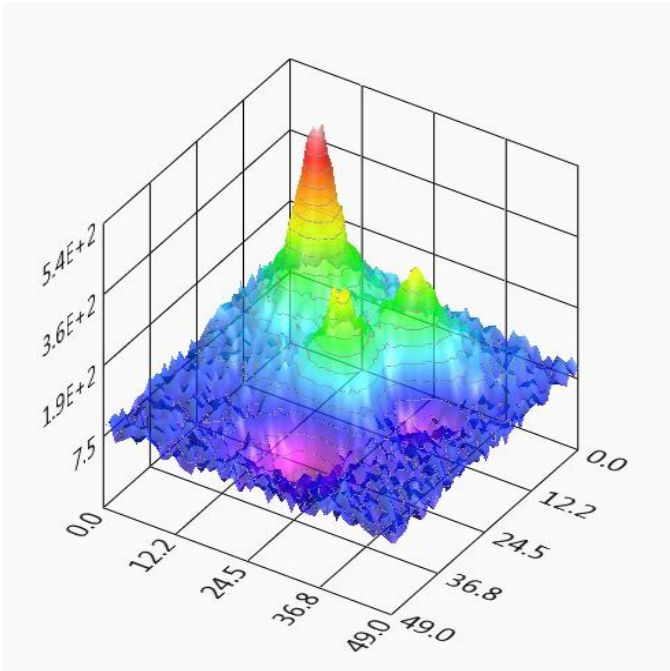


Fig.8. Diagrama câmpului magnetic în jurul unui DC-DC converter.

III. STUDIUL COMPASULUI PE BORDUL UNUI QUADROPTER

Pentru experimentele pe quadcopter a fost necesar un modul integrat cu senzorică similară de pe modulul inerțial utilizat în laborator [2]. Aici a fost pusă problema de proiectat o placă de dezvoltare care să permită o astfel de asamblare sau de cumpărat gata. După o serie de căutări au fost găsite câteva modele de module de control pentru coptere pe microcontrollere de tip Atmega2560, ceea ce ne satisface necesitățile din motiv că modulul inerțial în baza căruia a fost elaborată interfața grafică în LabView are un procesor de tip Atmega328, ceea ce ne permite să portăm codul de pe un modul pe altul cu mici schimbări în codul scris anterior pentru modulul pe baza microcontrolerului Atmega328 [2].

Avantajul selectării acestui modul este că poate fi programat în 2 moduri, fie prin SPI fie prin bootloader, adică prin intermediul modulului de programare instalat pe placă, ceea ce reduce timpul de realizare a experimentelor.

Modulul Selectat este prezentat în figura 9, un modul complet de zbor, cu același senzor de câmp magnetic, HMC5883L, cu 8 PWM-uri doar că pe placă este instalat alt modul al accelerometrului și giroscopului, dar aceasta nu reprezintă o problemă din motiv că algoritmul este concentrat strict pe senzorul de câmp magnetic, în special modulul HMC5883L [4].

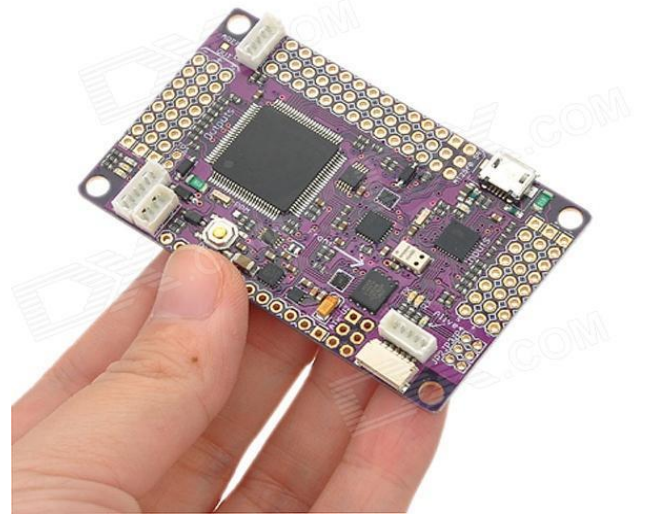


Fig.9. Modulul selectat pentru testele pe Quadcopter.

Încă un avantaj al modulului selectat este că pe placă este prezent un port I2C la care poate fi conectat un senzor de câmp magnetic extern, ceea ce reprezintă exact problema pusă în această cercetare, figura 10.

APM 2.5 external Magnetometer

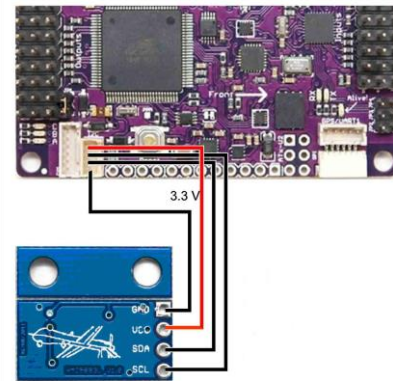


Fig.10. Atasarea senzorului extern la modulul de zbor pentru quadcopter.

IV. PARTICULARITĂȚI ALE SISTEMELOR DE ATITUDINE

Au fost testate ambele variante, și în acest context trebuie să punem avantajele și dezavantajele fiecărei dintre idei.

Prima variantă are ca avantaj principal lipsa necesității instalării modulelor mobile la bordul satelitului, cu dezavantajul unei erori ridicate din cauza motoarelor și a componentelor active care pot induce o eroare de ordinul gradelor în sistemul de atitudine [4].

A 2-a variantă are performanțe net superioare la capitoul exactitate de poziționare însă rămâne problema mecanică de deschidere a modulului telescopic care poate să rămână blocat din motivul difuziei materialelor în vid. Și în acest caz riscul de a pierde controlul asupra satelitului este mult mai mare din motiv că algoritmi de poziționare vor lua în calcul poziția

ideala a senzorului în raport cu carcasa și atunci eroarea acumulată poate ajunge la zeci de grade conform cercetarilor și experimentelor efectuate [6].

V. STUDIUL COMPASULUI ÎN MOMENTUL LANSĂRII SATELITULUI

Studiul comportamentului compasului în spațiu la momentul dat reprezintă doar o analiză a datelor telemetrice de la alți sateliți educaționali și o modelare a câmpului magnetic pe orbita joasă a pământului în mai multe moduri, fie se modelează câmpul magnetic pe orbită conform datelor postate pe site-urile de specialitate, fie se modelează conform datelor preluate de la alți sateliți educaționali care livrează aceste date ca o parte component a datelor telemetrice.

Pentru a doua variantă au fost efectuate calculele de deschidere a mecanismului telescopic și perioada de funcționare a ciclului satelitului, acest lucru este prezentat în figura 3 [5].

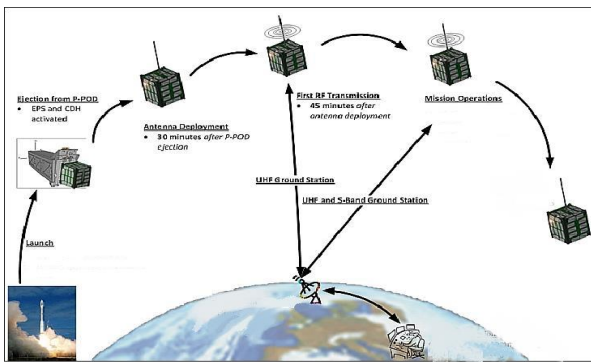


Fig.11. Timpul de deschidere a antenelor și a senzorului de cimp magnetic din momentul lansării satelitului.

Analiza deschiderii compasului încă este la o stadiu incipientă din motiv că nu a fost determinat modul de deschidere, fie printr-un sistem telescopic gestionat de un arc sau de un motor care ar deschide acest modul.

O alta variantă este realizarea acestei amplasari cum se face pe modulele puse pe piață de către unii producători, figura 12.

După cum se vede din imagine, modulul HMC5883L este amplasat pe antenna VHF, care este dintr-un material din metal cu o elasticitate sporită pentru a se putea deschide după momentul de lansare, adică la un timp de aproximativ 30 minute de aflare în spațiu conform figurii 11.

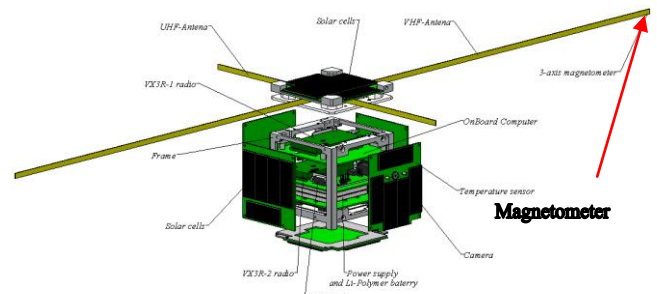


Fig.12. Amplasarea Magnetometrului pe antena.

VI. CONCLUZII

Elaborarea modului în LabView pentru realizarea și testarea diferitelor algoritmi și senzori reprezintă un pas strategic important în acest domeniu pentru că a permis întregului grup de lucru în cadrul Centrului de Tehnologii Spațiale să cerceteze mai multe domenii precum modelarea comportamentului senzorului de câmp magnetic pe orbită.

Această lucrare a avut ca una din cerințe realizarea unei alte interfețe grafice realizate într-un mediu fie Python fie Processing, pentru a realiza calculele și afișarea graficelor într-un timp mai rapid din motiv că LabView acumulează toate pozițiile anterioare, și odată cu ridicarea numărului de poziții acumulate începe să reacționeze mult mai greu, aici este vorba de valoarea acumulată de la 10000 de unități în sus, la 50000 deja calculatorul are tendința să nu mai răspundă comenzilor.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Sergiu Candraman, Nicolae Secieru, "Cercetarea și proiectarea sistemului inerția de navigație în LabView" The 8th International Conference on Microelectronics and Computer Science & The 5th Conference of Physicists of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova, October 22-25, 2014.
- [2] Matthew Watson, "The Design and Implementation of a Robust AHRS for Integration into a Quadrotor Platform" MENG ELECTRONIC ENGINEERING, DEPARTMENT OF ELECTRONIC & ELECTRICAL ENGINEERING, MAY 2013.
- [3] Sebastian O.H. Madgwick, "An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays" April 30, 2010.
- [4] William Premerlani and Paul Bizard, "Direction Cosine Matrix IMU: Theory" 5/17/2009.
- [5] Talat Ozyagcilar, "Calibrating an eCompass in the Presence of Hard and Soft-Iron Interference" Freescale Semiconductor Application Note, Rev. 3, 04/2013.
- [6] Christopher Konvalin, "Compensating for Tilt, Hard Iron and Soft Iron Effects", Published: August 6, 2008.
- [7] D. Swisulski and M. Wooszyn, "DETECTION FERROUS OBJECTS USING LABVIEW" XVI IMEKO World Congress, Vienna, AUSTRIA, 2000, September 25-28.