

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2024

Pentru anul 2024:

Lucrările în cadrul proiectului 23.70105.5007.13T planificate pentru anul 2024, au fost îndeplinite integral și în termenii stabiliți, astfel:

1. A fost elaborată arhitectura și schema electronică de principiu a modului de achiziție și preprocesare a datelor utilizat pentru determinarea atitudinii nanosatelitului. Modulul include un senzor MEMS integrat, BMI088, care măsoară mărimi inerțiale, precum vitezele unghiulare și accelerațiile pe axele X, Y, Z, și un magnetometru triaxial hibrid AMR, model HMC2003. De asemenea, modulul este echipat cu o interfață analogică cu 6 canale, folosită pentru măsurarea fotocurenților generați de 6 fotodiode. Acestea funcționează ca senzori solari pentru determinarea poziției relative a soarelui față de sistemul de coordonate al nanosatelitului. Pentru gestionarea achiziției datelor și calibrarea senzorilor, a fost selectat microcontrolerul STM32F411RE. Acesta integrează și o interfață serială care permite comunicarea cu calculatorul de bord al nanosatelitului.
2. A fost dezvoltată aplicația modulară pentru achiziția datelor, destinată determinării atitudinii. Modulul de control constă din driver-ul senzorului inerțial integrat, driverele de sistem al MCU și este utilizat sistemul de operare de timp real RTOS. Sistemul de operare este utilizat pentru rularea în paralel a rutinelor de achiziție a datelor de la senzori și pentru comunicare cu calculatorul de bord prin interfața serială.
3. Algoritmul de calibrare a senzorilor propus permite determinarea coeficienților de proporționalitate sub formă de matrice, a vectorului de offset-uri și a matricei de rotație aferente sistemului de coordonate al magnetometrului triaxial.
Implementarea inițială a algoritmului a fost realizată sub formă de script MATLAB, urmând să fie optimizată pentru rularea pe un microcontroler (MCU) de 32 de biți cu coprocesor Single Precision FPU. Algoritmul este conceput în principal pentru corectarea distorsiunilor elipsoidale ale magnetometrului, cauzate de variațiile de scalare între axe, și poate fi adaptat și pentru alte tipuri de senzori triaxiali.
4. A fost realizat modelul matematic de descriere a atitudinii satelitului, iar rezultatele obținute în urma simulărilor au arătat că strategiile de inteligență artificială, în special logica fuzzy, îmbunătățesc controlul atitudinii nanosateliților. S-a demonstrat că regulatorul hibrid oferă performanțe sistemului automat mai ridicate cu 20% în comparație cu algoritmul de reglare clasic PID, în ceea ce privește timpul de reglare. Rezultatul obținut contribuie la dezvoltarea unui sistem de control automat al poziționării unui nanosatelit pe 3 axe prin intermediul roților de reacție.
5. Susținerea tezei de doctor în cadrul Consiliului științific specializat: D 122.03-24-25 din cadrul Universității Tehnice a Moldovei a domnului Melnic Vladimir, pe data 01.11.2024, tema tezei: „Modelarea matematică și simularea computațională a comportamentului dinamic pe orbită a nanosateliților”.

<https://utm.md/blog/2024/10/18/se-anunta-sustinerea-publica-a-tezei-de-doctor-in-informatica-a-candidatului-vladimir-melnic/>

For the year 2024:

The activities planned for 2024 within project 23.70105.5007.13T were fully completed on time, as follows:

1. The architecture and conceptual electronic schematic for the data acquisition and preprocessing module used to determine the nanosatellite's attitude were developed. The module includes an integrated MEMS sensor, BMI088, which measures inertial parameters such as angular velocities and accelerations on the X, Y, and Z axes, along with a hybrid triaxial AMR magnetometer, model HMC2003. Additionally, the module is equipped with a 6-channel analog interface used to measure photocurrents generated by six photodiodes functioning as solar sensors. These sensors determine the sun's relative position concerning the nanosatellite's coordinate system. For data acquisition and sensor calibration, the STM32F411RE microcontroller was selected, which also integrates a serial interface for communication with the nanosatellite's onboard computer.
2. A modular application for data acquisition, designed for attitude determination, was developed. The control module consists of the integrated inertial sensor driver, MCU system drivers, and a real-time operating system (RTOS). The operating system is used for parallel execution of routines for sensor data acquisition and communication with the onboard computer via the serial interface.
3. The proposed calibration algorithm enables the determination of proportionality coefficients in matrix form, offset vectors, and the rotation matrix corresponding to the triaxial magnetometer's coordinate system. The algorithm was initially implemented as a MATLAB script and will be optimized for execution on a 32-bit microcontroller (MCU) with a Single Precision FPU coprocessor. The algorithm primarily corrects the magnetometer's ellipsoidal distortions caused by axis-to-axis scaling errors and can also be applied to other types of triaxial sensors.
4. A mathematical model describing the satellite's attitude was developed. Simulation results demonstrated that artificial intelligence strategies, particularly fuzzy logic, improve nanosatellite attitude control. It was shown that the hybrid controller enhances the automated system's performance by 20% compared to the classical PID control algorithm in terms of settling time. This result contributes to the development of an automatic control system for nanosatellite positioning on three axes using reaction wheels.
5. Defence of the doctoral thesis within the specialized Scientific Council: D 122.03-24-25, Technical University of Moldova by Mr. Melnic Vladimir, on 01.11.2024, thesis topic: "Mathematical modelling and computational simulation of the dynamic behavior on orbit of nanosatellites".

<https://utm.md/blog/2024/10/18/se-anunta-sustinerea-publica-a-tezei-de-doctor-in-informatica-a-candidatului-vladimir-melnic/>

Conducătorul de proiect _____ / (dr. Irina COJUHARI)

Data: _____

LȘ