

Stereoscop Experimental pentru Supravegherea Orbitelor Terestre Joase – LEOSCOP

- pe scurt -

Combinatia de cerinte privind detectarea, caracterizarea, corelarea si determinarea orbitei obiectelor spatiale descrie scopul “supravegherii obiectelor spatiale”. In cea mai mare parte, tehnologiile de detectie sunt suficient de avansate pentru a se putea construi genul de capabilitate solicitata pentru identificarea satisfacatoare a obiectelor spatiale. Totusi, determinarea cu acuratete a pozitiilor tinte necesita corelarea datelor de la mai multi senzori pasivi (un singur senzor pasiv nu poate achizitiona date neambigue de distanta, nici macar in cazul unor traiectorii deterministice precum cele satelitare). In ultimii 3-4 ani, NASA, US Air Force si Canada Air Force au sprijinit mai multe proiecte de Cercetare-Dezvoltare care exploreaza aplicatii ale stereoscopiei in observarea obiectelor spatiale.

Viziunea stereoscopica este foarte importanta in astronomie si in supravegherea spatiului ca si pentru simtul nostru primar. Dincolo de cerinta de creare a imaginilor 3-D, o aplicatie suplimentara a stereoscopiei este masurarea distantei pina la obiecte indepartate. Astronomii utilizeaza paralaxa pentru determinarea distantei pina la stele apropiate de Pământ (pseudo-stereoscopie). Ideea este de a lua imagini ale stelelor cînd Pămîntul este in pozitii opuse ale orbitei sale (la 6 luni distanta). Siftul stelei apropiate in raport cu stelele indepartate este masurabil. Intrucit baza stereo este cunoscuta (doua unitati astronomice), determinarea distantei pina la steaua mai apropiata este o simpla problema de trigonometrie. Sateliti de observare a Terrei, precum IKONOS, utilizeaza pseudo-stereoscopia pentru extragerea fotogrametrica a coordonatelor 3D relevante, modele digitale de elevatie (DEM) si imagerie ortorectificata.

Acest proiect examineaza recuperarea adincimii orbitelor LEO si achizitia de date metrice ale obiectelor spatiale, prin corelarea punctelor relevante din imagini stereo. Imaginile vor fi colectate prin perechi de senzori electro-optici aflati la sol si avind o linie de baza lunga (20 Km+).

Principalul scop al proiectului LEOSCOP este acela de demonstrare de concept pentru o noua generatie de senzori de supraveghere spatiala pe arie larga si care utilizeaza tehnici stereoscopice. Un scop secundar este de a dezvolta capabilitatile stiintifice romănesti in domeniul supravegherii spatiale si de a se alatura initiativelor internationale existente in domeniu.

LEOSCOP este organizat in trei arii tematice, fiecare dintre ele avind un obiectiv specific si un pachet de lucru corespunzator:

- Realizarea instrumentului electro-optic
- Testarea si validarea stereoscopului cu linie de baza lunga
- Dezvoltarea de aplicatii stiintifice si achizitia de date privind obiectele LEO.

Acest sistem de supraveghere spatiala va detecta si va furniza informatii privind parametrii orbitali ai satelitilor LEO cit si ai altor obiecte spatiale luminoase (meteoriti, comete, rachete, etc). Alte aplicatii vizeaza astronomia stereoscopica.

DESCRIEREA PRINCIPALELOR PROBLEME CARE TREBUIESC REZOLVATE

- Linia de baza a observatiilor si locatia senzorilor

Acuratete rezonabila pentru obiecte aflate la altitudini de 500-1000 Km implica o linie de baza in domeniul 20 Km +. Un senzor va fi amplasat la Observatorul Astronomic Feleacu al Academiei Romane (750 m altitudine). Senzorul pereche va fi localizat in poligonul de supraveghere spatiala al BITNET, aflat la Marisel (1.200 m altitudine). In timpul unor campanii de achizitii de date, linia de baza poate fi crescuta (prin alegerea unor locatii temporare).

- Proceduri de aliniere a senzorilor

Alinierea senzorilor optici influenteaza acuratetea cu care poate fi calculata distanta dintre un obiect si camera stereo. Vor fi utilizate tehnici astronomice tipice de aliniere.

➤ Proceduri de sincronizare a senzorilor

Intrucit obiectele LEO se misca rapid (tipic traverseaza cerul in 10 min sau mai putin), acuratetea datelor metrice este dependenta de sincronizarea celor doua dispozitive de achizitie a imaginii. Aceasta nu este o problema triviala cind este implicata o linie de baza lunga (de la citiva Km la sute de Km) si in special in cazul unor senzori cu cimp vizual (FOV) mic. Posibilitatile sunt de a utiliza sateliti GPS pt. sincronizarea ceasurilor senzorilor sau o legatura radio directa intre senzori. Intirzierea implicata de o conexiune internet sau de o conexiune radio prin satelit este prea mare pentru aceste obiecte rapide.

➤ Cimpul vizual (FOV) al senzorului. Strategii de cautare a obiectelor spatiale vs tracking

Acesta este un alt parametru critic. Exista doua alegeri fundamentale in privinta senzorului de imagine, care sunt dependente de aplicatie:

a) Cautarea pe arie larga a obiectelor LEO cu parametrii orbitali necunoscuti implica FOV foarte mare. Pentru a avea o probabilitate realista de detectare in timp real a unui asemenea obiect rapid, FOV trebuie sa fie in domeniul zeci x zeci de grade patrate. Acesta este un FOV enorm pentru un telescop (de regula aflat in domeniul zeci de minute patrate). De aceea doar lentile tip "fisheye" sau similare pot fi utilizate.

b) Totusi, pentru date metrice foarte precise, trebuie utilizati senzori cu FOV mic (sub 1 grad patrat). Un astfel de dispozitiv complementar ar putea utiliza ca si date imput de cautare orbitala datele metrice furnizate de stereoscopul cu FOV mare.

➤ Cerinte privind capabilitatea de tracking a senzorilor

a) Nici o capabilitate de tracking nu este necesara pentru senzorii cu FOV foarte mare, pentru timpi de expunere mici si daca linia de baza este sub citeva zeci de Km. Tracking in mod "stea" este necesar pentru expuneri lungi, adica pentru detectarea obiectelor cu magnitudine mica. Ca si in cazul aplicatiilor de scanare a cerului.

b) Dispozitivul cu FOV mic trebuie sa aibe capacitate de tracking a obiectelor spatiale, altfel obiectul va traversa FOV-ul sau rapid. Alta problema este ca expunerile lungi pentru detectarea obiectelor de magnitudine mica necesita capacitate de tracking.

➤ Rezolutia unghiulara a senzorilor

a) Rezolutia unghiulara a unei camere comerciale bune de tip "fisheye" este in domeniul 0,2 grade/pixel.

b) Rezolutia unghiulara a dispozitivului cu FOV mic depinde de FOV si performantele camerei CCD. Un compromis intre FOV, rezolutia unghiulara si costuri trebuie decis in prima faza a proiectului.

➤ Magnitudinea obiectelor detectate

a) Magnitudinea de detectare asteptata pentru o camera comerciala buna de tip fisheye este +4th. Aceasta magnitudine depinde mult de lumini inconjuratoare (artificiale, Luna), poluarea aerului si nori. De aceea senzorii vor fi amplasati in zone muntoase, departe de orase. Sensibilitatea senzorilor poate fi crescuta cu intensificatoare de lumina.

b) Magnitudinea de detectare pentru senzorul cu FOV mic poate fi asteptata in domeniul +11th - +14th (tipic pentru sateliti GEO).

➤ Comanda si controlul sistemului. Arhitectura urmeaza sa fie decisa in prima faza a proiectului. Mai multe optiuni fiind posibile.

➤ Dezvoltarea de software de procesare a imaginii pentru stereoscopie spatiala

1. Legat de o camera:

➤ Calibrare intrinseca fotometrica si geometrica si eliminarea erorilor (precum variatii in sensibilitatea pixelilor, murdarie/zgiriuri, zgomot, etc).

➤ Potrivirea stelelor detectate cu un catalog astronomic de stele in scopul identificarii lor.

2. Legat de stereoscopie

➤ Calibrare extrinseca (parametrii de translatie si rotatie a camerelor pereche in raport cu un sistem de referinta (astronomic) comun.

- Rectificarea imaginii: bazat pe parametrii camerelor, imaginile luate cu perechea de camere vor fi transformate a.i. sa apara ca fiind luate cu o montura canonica (camere care au axele optice paralele).
- Reconstructia 3-D si extragerea de date metrice orbitale din perechi de imagini.

Impactul generat de proiect

Este important de subliniat ca Romania este complet dependenta de informatiile furnizate de organizatii internationale in privinta obiectelor spatiale, a misiunii si parametrilor lor orbitali. De exemplu, Romania nu are capacitatea de a detecta satelitul de recunoastere care îi survoleaza teritoriul. Aceasta lipsa serioasa de capacitate poate fi redusa, si in ultima instanta rezolvata, odata cu instalarea unei (viitoare) facilitati operationale si participarea la reseaua Europeana de Supraveghere Spatiale. LEOSCOP este primul sistem de supraveghere stereoscopica a obiectelor LEO dezvoltat de organizatii Romanesti. Principalele aplicatii de securitate ale unui asemenea sistem sunt :

- ⇒ Urmarirea si achizitia de date metrice orbitale a satelitilor LEO (precum sateliti de recunoastere)
- ⇒ Urmarirea si achizitia de date metrice orbitale ale altor obiecte spatiale luminoase
- ⇒ Verificarea aplicarii tratatelor internationale in spatiul extra-atmosferic
- ⇒ Furnizarea, catre factorii de decizie, de informatii pertinente privind situatia din spatiu, in cadrul procesului de decizie sau planificarea/conducerea de operatiuni.

Proiectul ofera o oportunitate pentru schimb de experienta la nivel national si international, know-how, dezvoltarea resurselor umane si organizationale in domeniul tehnologiilor de supraveghere spatiale si a aplicatiilor lor, in scopul participarii la proiecte internationale existente si a dezvoltarii lor.

Modul in care tematica proiectului se reflectata in proiecte Europene

- “Area 9.2.3: Reducing the vulnerability of space assets” in cadrul FP7 Cooperation Work Programme: Space. Prima licitatie de proiecte probabil in 2009.
- Propunerea de Program de Supraveghere Spatiale – ESA (2006-2009).
- Ca si diverse proiecte de supraveghere spatiale sustinute de guverne ale statelor UE si NATO.

CONSORTIUL PROIECTULUI

BITNET Centrul de Cercetari Senzori & Sisteme (coordonator proiect) este o companie privata de cercetare tehnologica, activa de peste 15 ani, si avind experienta nationala si internationala in domeniul aplicatiilor tehnologiilor spatiale. BITNET CCSS este implicat in activitatile platformei tehnologice FP7 “Integral SatCom Initiative” si are acorduri de cooperare cu operatori internationali de sateliti de telecomunicatii.

BITNET CCSS are cunostiinte semnificative in tehnici de supraveghere spatiale, fiind direct implicat in proiecte din acest domeniu si dezvolta actualmente primul poligon de supraveghere spatiale din Romania.

UT-Cluj: Grupul de cercetare in domeniul procesarii imaginilor si recunoasterii formelor din cadrul Universitatii Tehnice din Cluj Napoca are o experienta extinsa in domeniul stereoviziunii si a procesarii datelor tridimensionale rezultate din stereoviziune. O colaborare de sapte ani cu Volkswagen AG a acoperit multe domenii, precum calibrarea camerei, stereoviziune de geometrie generala bazata pe muchii, rectificarea imaginilor, gruparea perceptuala a punctelor 3D in obiecte relevante, procesarea informatiei stereo dense, estimarea parametrilor mediilor structurate si nestructurate si urmarirea probabilistica bazata pe model.

AROAC – Observatorul Astronomic Cluj al Academiei Române – Filiala Cluj are o traditie foarte lunga in geodezie spatiale, tehnici de observare astronomica si in utilizarea senzorilor electro-optici

stiintifici. Observatorul Feleacu (Cluj) a fost inclus in COSPAR World List of Satellite Tracking Stations (statia nr. 1132). In ultimii ani, AROAC a fost implicat ca partener semnificativ in mai multe proiecte românesti de C-D in domeniul supravegherii spatiale.