

ARHITECTURA REȚELEI STAȚIILOR TERESTRE DE COMUNICAȚII CU SATELIȚI

Acad. **Ion BOSTAN***

Dr., DHC **Ioan-Marius PISO****

Dr. hab., profesor **Viorel BOSTAN***

Dr., profesor **Alexandru BADEA****

Dr., conf. univ. **Nicolae SECRIERU***

Dr. **Marius TRUSCULESCU****

Drd. **Sergiu CANDRAMAN***

Drd. **Andrei MARGARINT***

Drd. **Vladimir MELNIC**

* Universitatea Tehnică a Moldovei

** Agenția Spațială Română

ARCHITECTURE OF THE SATELLITE COMMUNICATION GROUND STATIONS NETWORK

Summary. This paper reflects the vision of authors on the prospects of international cooperation in the field of space technologies, which are developing rapidly with a spectacular expansion in various areas of scientific, economic and social interest. In most European countries the concerns in satellite technologies are gaining more ground in the universities and research centers attracting in research new adherents. Network of ground stations for satellite communications becomes a platform for closer cooperation, especially among young researchers.

Keywords: satellite ground station network, satellite technologies, flight orbit, satellite communications.

Rezumat. Acest articol reflectă viziunea autorilor asupra perspectivelor cooperării internaționale în domeniul tehnologiilor satelitare, care se dezvoltă vertiginos cu o extindere spectaculoasă în diverse domenii de interes științific, economic și social. În majoritatea țărilor Europene preocupările în domeniul tehnologiilor satelitare câștigă tot mai mult teren în cadrul centrelor universitare și de cercetare, atrăgând în sfera cercetării noi adepți. Rețeaua de stații terestre pentru comunicații satelitare devine o platforma pentru o cooperare mai strânsă, în special în rândul tinerilor cercetători.

Cuvinte-cheie: satelit, rețea de stații terestre, tehnologii satelitare, zbor pe orbită, comunicații satelitare.

INTRODUCERE

Tehnologiile spațiale au un rol important în dezvoltarea diferitor ramuri ale economiei, în special pentru agricultură, geodezie și cadastru, ecologie și monitorizarea mediului, preîntâmpinarea și diminuarea riscurilor de inundații și alte cataclisme naturale etc. În ultimii ani este în ascendență numărul universităților care inițiază și dezvoltă proiecte de elaborare și lansare în spațiul cosmic a pico-nano-microsateliților în scopuri științifice, socio-economice, comerciale etc.

Sateleții de gabarite mici sunt construiți și lansați în spațiu cu cheltuieli minime, dar în ansamblu cu stațiile terestre distribuite teritorial aceștia pot asigura un schimb intens de date. Stațiile terestre, de regulă, sunt izolate și au perioade limitate de vizibilitate radio între stație și satelit, inclusiv posedă rezoluție temporală joasă. O soluție de eficientizare ar fi crearea unei rețele de stații terestre interconectate având

posibilitatea de comunicare cu control de la distanță. Astfel de rețele de stații terestre permit monitorizarea unei game largi de sateliți, spre exemplu a sateliților educaționali sau comerciali mai multor universități. Dezvoltarea unor asemenea rețele necesită construirea stațiilor terestre amplasate dispersat în teritoriu cu un sistem adecvat de antene capabile să asigure o bună calitate și funcționalitate a comunicării.

Autorii promovează ideea conexiunii stațiilor terestre prin intermediul unei rețele de calculatoare într-o infrastructură complexă, inclusiv conexiunea acestora prin internet la Agenția Spațială Română (ROSA) și Agenția Spațială Europeană (ESA), fapt ce ar permite majorarea utilizabilității și eficienței comunicațiilor satelitare. În acest articol sunt prezentate concepția de dezvoltare a rețelei de stații terestre de comunicații satelitare și soluțiile tehnice menite să asigure comunicarea fiabilă „satelit-infrastructură de sol” cu control de la distanță și conexiune la ROSA și ESA.

1. ARHITECTURA REȚELEI STAȚIILOR TERESTRE DE COMUNICAȚII SATELITARE

Proiectul *Conectarea infrastructurii Centrului Național de Tehnologii Spațiale cu Global Network Educațional pentru operațiuni prin satelit*, desfășurat pe parcursul anilor 2015-2016, este o continuare a eforturilor depuse pentru realizarea Programului de Stat „Elaborarea satelitului moldovenesc”. Noul proiect are ca obiectiv conexiunea dintre centrele de cercetare din

Republica Moldova la infrastructura tematică paneuropeană de cercetare, cum ar fi ESFRI (Forumul European științific pentru Infrastructura de Cercetare), ERICs (Centre Europene de Infrastructură de Cercetare), ETPs (Platformele Tehnologice Europene) ș.a. [1, 2, 3].

În cadrul proiectului s-a dezvoltat ideea conectării stațiilor terestre (figura 1) prin intermediul unei rețele virtuale de calculatoare, fapt care permite prelungirea considerabilă a perioadei de vizibilitate radio a unui satelit și, în consecință, creșterea volumului de date trimise.

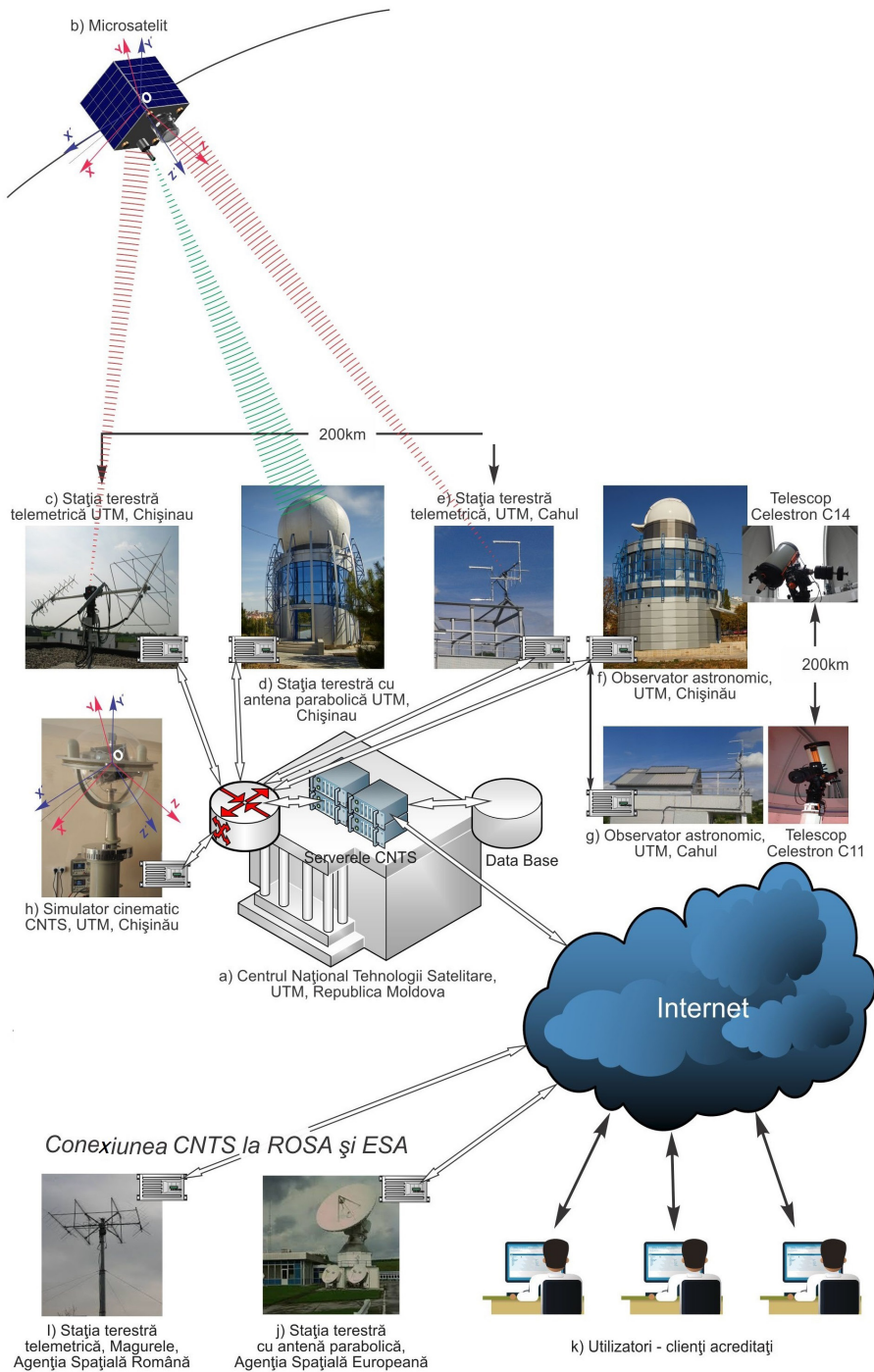


Figura 1. Arhitectura rețelei de stații terestre elaborată la UTM, Chișinău, cu conexiuni la ROSA și ESA



Foto 1. Stația terestră cu antenă parabolică, str. Studenților 9, Chișinău

O altă oportunitate este recepția simultană a datelor de la un satelit prin mai multe stații terestre, cu stocarea lor în centrul de comandă, unde pachetele de date se vor fuziona. Acest sistem permite îmbunătățirea calității comunicației „stații terestre-satelit” cu reducerea ratei de eroare pe bit (BER).

Laboratoarele specializate (SBNMS, PDI, AEMS, SCT), create în cadrul Centrului Național Tehnologii Spațiale (CNTS) UTM, Chișinău, în ansamblu cu rețeaua stațiilor terestre constituie infrastructura de sol de comunicații satelitare cu arhitectura prezentată în figura 1 [1-3].

Stațiile terestre dotate cu echipament specializat asigură legăturile ascendente și descendente ale microsatelitelui (MS) (figura 1b) în zbor pe orbită cu in-



Foto 2. Antena parabolică a stației terestre, str. Studenților 9, Chișinău

frastructura de sol (figura 1c, d). Stația este conectată la un set de antene telemetrice, precum și la antena parabolică cu destinație mixtă [1-3], care au posibilitatea de a se orienta pe două axe către MS în zborul pe orbită prin intermediul mecanismelor de acționare *model Rotor BIG-RAS/HR*.

În infrastructura de sol un rol important se atribuie stației terestre cu antenă parabolică (figura 1d) pentru recepția imaginilor de la MS aflat pe orbită. Antena parabolică cu diametrul $D=4,3$ m, prin intermediul a două mecanisme de acționare distincte dotate cu drivere, are posibilitatea de a se roti în jurul a două axe în regim individual dirijate pe calculatorul-server. Lanțul cinematic al celor două mecanisme de acționare este dotat cu torsoane mecanice pentru a exclude jocurile



Foto 3. Observator astronomic al UTM, str. Studenților 9, Chișinău

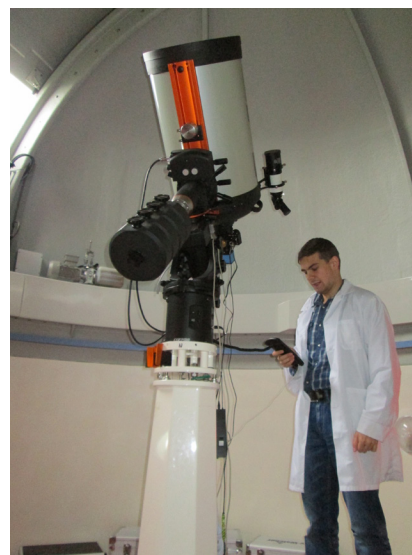


Foto 4. Telescopul Celestron C14 al Observatorului astronomic, UTM, Chișinău



Foto 5. Observator astronomic, com. Brânza, Cahul

din angrenaje, astfel majorându-se precizia cinematică (unghiulară) de orientare a antenei parabolice la MS în zbor pe orbită. Pentru montarea și exploatarea stației terestre cu antenă parabolică cu mobilitate pe două axe (elevație și azimut), în zona adiacentă amplasării CNTS (str. Studenților 9, Chișinău) a fost construită o clădire (foto 1) cu o fundație de 16 m. Structura de rezistență a acestei stații terestre a fost consolidată pe verticală cu două membrane din beton armat pentru a prelua sarcina torsiunii reactive generate de mișcările dinamice de elevație și pe azimut ale antenei parabolice cu masa ce circa 2 t (foto 2). La etajul doi al clădirii este amplasat punctul de urmărire a zborului MS conectat prin fibră optică cu punctul de sprijin din Cahul, comuna Brânza și cu CNTS, Chișinău.

Pentru a extinde zona de monitorizare și control a altitudinii zborului MS (la circa 200 km depărtare), în comuna Brânza, Cahul a fost construit un punct de sprijin dotat cu o antena telemetrică (figura 1e).

Infrastructura terestră include de asemenea un observator astronomic (foto 3) amplasat în Chișinău, dotat cu un telescop model Celestron C14 (foto 4) și un observator astronomic amplasat în punctul de sprijin din com. Brânza, Cahul (foto 5) dotat cu un telescop model Celestron C11 (foto 6).

Serverele ambelor telescoape Celestron sunt conectate cu CNTS prin fibră optică. Astfel infrastructura creată cu două Telescoape conectate între ele și cu CNTS permite înregistrarea practic în timp real a poziționării MS în zbor din două puncte terestre.

Toate componentele Infrastructurii de sol (figura 1 a, c, d, e, f, g, h) sunt conectate între ele prin fibră optică, iar CNTS are conexiune cu Stația terestră telemetrică din Măgurele, România, cu extindere la Agenția Spațială Europeană, în baza proiectului realizat [1-3].

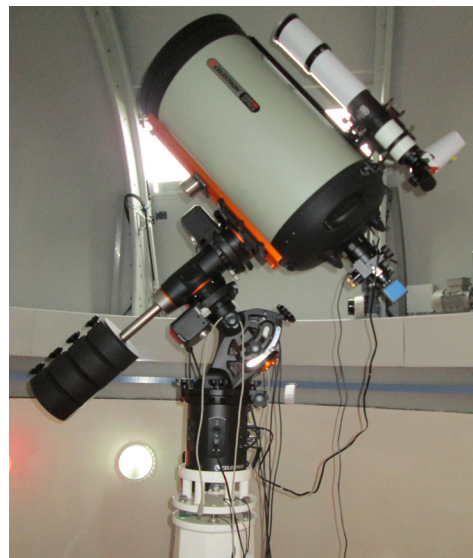


Foto 6. Telescop Celestron C11 al Observatorului astronomic, com. Brânza, Cahul

2. CONTROL TELIGHIDAT AL STAȚIILOR TERESTRE DE COMUNICAȚII SATELITARE

Rețeaua de stații terestre, arhitectura căreia este prezentată în figura 1, este proiectată și realizată astfel încât să asigure comunicarea între stații la scară regională/mondială prin intermediul Internetului. Stațiile terestre prin aplicațiile client pot să comunice cu componentele server în baza protocolului TCP/IP (figura 2). Arhitectura elaborată (figura 1) permite centralizarea datelor recepționate de la un satelit de către diferite stații terestre în aceeași bază de date. Aplicațiile client pot comunica doar cu serverul, componentele Server având rolul administrativ. Componenta Server este unica verigă a sistemului care asigură acces la baza de date și este capabilă să comunice cu toate aplicațiile client din sistem.

În scopul punerii în aplicare a controlului teleghidat al stațiilor terestre, ca bază a fost luată arhitectura clasică „client-server”, alcătuită din trei părți: un server VPN și un dispozitiv de rețea separat care interconectează serverul principal și clienții în mod securizat; serverul principal de înaltă performanță care administrează întreaga rețea și oferă o interfață web pentru utilizatorii finali; o serie de PC-uri clienți din întreaga lume conectați la rețeaua VPN. Clienții pot fi de două categorii: prima – doar pentru accesarea interfeței web și a doua – pentru conectarea stației terestre la rețea pentru utilizarea ei în comun [3-4].

Actualmente serverul VPN se rulează pe calculatorul MikroTik Cloud Router cu performanțe avansate – un nivel ridicat de flexibilitate și o gamă mare de posibilități. Serverul principal se rulează pe server tip „blade” Sun Microsystems, iar Ubuntu Server LTS

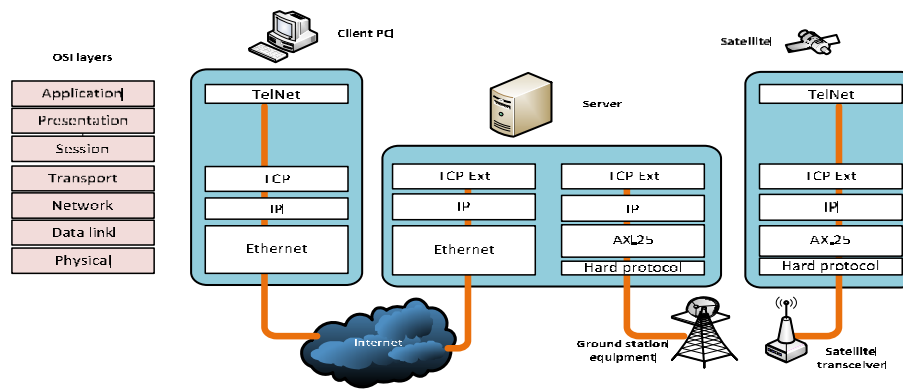


Figura 2. Nivelele OSI pentru misiuni educaționale prin sateliți mici

este utilizat ca sistem de operare și execută o serie de servicii personalizate dezvoltate pentru controlul teleghidat al stațiilor terestre. În scop de redundanță, este instalat al doilea server tip „blade”, identic cu cel principal. Calculatorul client poate fi orice tip de PC, de la un SBC de joasă performanță la un computer desktop „high-end”. Alegerea depinde de scopul utilizatorului final, care poate consta în accesarea interfeței web și/sau în conectarea la stația terestră. La stadiul actual de implementare software-ul client pentru conectarea la stația terestră a fost testat cu succes pe un modul Raspberry PC SBC și un PC desktop, pe care se rulează o distribuție Ubuntu însă se poate rula orice sistem de operare: Microsoft Windows, Mac OS X, GNU/Linux și chiar pe instrumente derivate BSD.

În cadrul CNTS a fost elaborată Componenta Software „server-side”, care oferă următoarele servicii și/sau anumite destinații funcționale [3-4]:

- **Main DB** – principala bază de date pentru stocarea datelor necesare operațiunilor curente (date stocate pe o perioadă scurtă);
- **Scheduler** – monitorizează DB principal pentru datele curente, luarea de decizii în baza datelor achiziționate anterior – apelarea **Launcher** sau trimiterea datelor în **Arhiva DB**; păstrarea și actualizarea observațiilor TLEs și ale celor viitoare bazate pe informații actualizate;

- **Arhiva DB** – baza de date în care sunt stocate datele anterioare pe termen lung;
- **Web Client** – componenta GUI, permite utilizatorilor finali să interacționeze cu sistemul pentru a programa observațiile noi sau a le elimina pe cele vechi, a vizualiza informații despre stații terestre conectate etc. (sunt accesate numai de către clienții rețelei VPN);
- **Web Server** – asigură componentei Web Client funcționalitatea și accesul la bazele de date;
- **Launcher** – constituie serviciul care comunică cu clienții (cei cu stația terestră conectată), trimițându-le comenzi necesare pentru realizarea unei sarcini specifice, pe baza unor parametri acordați de Scheduler;
- **Ground Station** – este punctul final al sistemului care primește și execută comenzile solicitate.

De asemenea, în cadrul CNTS a fost elaborată componenta „Client-side” (figura 3 (a,b)) care este mai complexă decât componenta „server-side”, incluzând și controlul stațiilor propriu-zise (rotor, transceiver) [3-4]:

- **Worker** – serviciul principal care le controlează pe toate celelalte și trimite comenzi la mai mulți executori;
- **Hamlib** – sub-componente open-source (rotctld și rigctld);
- **Rotctld** – este responsabil pentru comunicarea și controlul rotoarelor de diferite tipuri. **Rigctld** poate

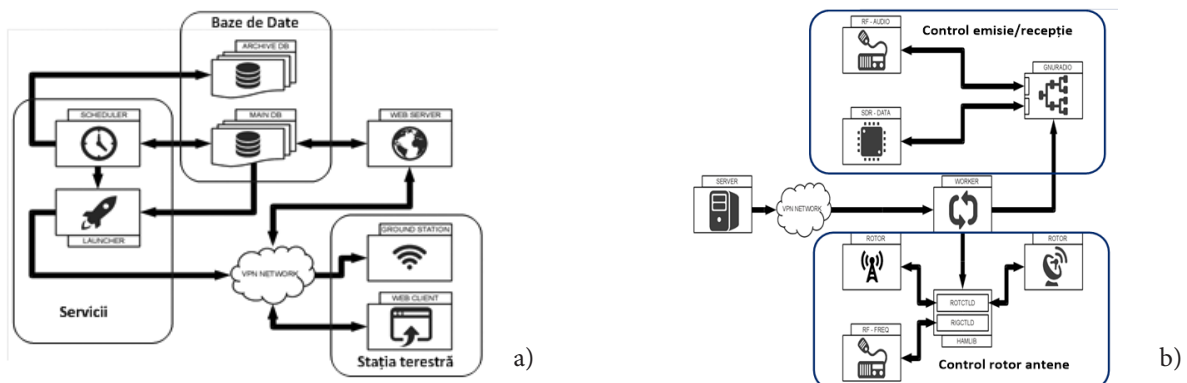


Figura 3. Componentele Server (a) și Client (b) de control teleghidat al stațiilor terestre

controla mai multe tipuri de emițătoare-receptoare, oferind posibilitatea de modificare/configurare;

- **Rotor** – este capabil să controleze diferite tipuri de rotoare, inclusiv cele pentru antene de telemetrie cu precizie unghiulară scăzută, precum și cele cu precizie unghiulară mare, pentru antene parabolice;

- **RF-Freq** – controlează/ajustează frecvența de lucru pentru diferite transceivere;

- **GNU Radio** – componentă open-source cu abilități foarte largi de comunicare cu diferite tipuri de hardware de telecomunicații, oferind posibilitatea recepției semnalelor cu post-procesare avansată și, de asemenea, trimiterea de semnale cu pre-procesarea dorită;

- **RF-Audio** – GNU Radio recepție și prelucrare prin intermediul unui canal audio de emisie-recepție;

- **SDR-Date**. GNU Radio de prelucrare a datelor brute, provenite de la dispozitive conectate DST;

- **rețea VPN** – comunicații client-server prin tunel din rețeaua VPN securizat;

- **Server Link** – clientul primește toate comenzile de la componenta server-side.

3. GESTIONAREA DATELOR PENTRU RECUPERAREA INFORMAȚIILOR ÎN REȚELELE TERESTRE

Stațiile terestre de monitorizare nu se construiesc în mod tipic paralel, deoarece, pe de o parte, fasciculul undelor radio de la satelit este relativ îngust iar, pe de altă parte, dezvoltarea mai multor stații terestre de rezervă pentru o agenție spațială poate fi foarte costisitoare. Rețelele de stații terestre educaționale pot partaja resursele pentru a asigura concomitent recepția fluxului de date de la un singur satelit. Recepția de la un satelit „downlinks” oferă atât oportunități, cât și provocări. Oportunitatea constă în a obține date redundante la stațiile terestre, iar provocarea rezidă în necesitatea de a elabora un sistem care impune folosirea metodelor adecvate de gestionare și de sincronizare a datelor.

Managementul datelor a evoluat de la ideea de a combina mai multe fluxuri de date de la același satelit, recepționate la un șir de stații terestre distribuite geografic. Teoretic, aceste fluxuri de date recepționate în paralel de către stațiile terestre ar trebui să fie identice, dar în realitate ele diferă din câteva motive (figura 7):

1. Timpul de interacțiune dintre satelit și fiecare stație terestră diferă în funcție de traseu. Atunci când două trasee se suprapun, stațiile terestre fiind distanțate geografic, există o perioadă mică de timp în care numai una dintre acestea vor fi în contact cu satelitul. Astfel, fiecare stație recepționează diferite seturi de cadre de date.

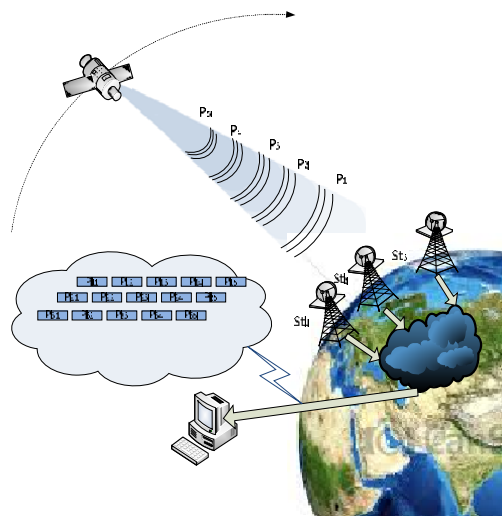


Figura 4. Schema de recepție a datelor în rețeaua de stații terestre

2. Datele recepționate pot fi corupte, având ca rezultat erori de bit sau chiar cadre/pachete lipsă, cauzate de perturbații atmosferice, nivel scăzut semnal/zgomot, inexactități tehnologice sau constructive ale receptorului. Aceste erori pot conduce la situația, în care s-au recepționat câteva fluxuri de date într-o fracțiune identică pe traseele suprapuse ale stațiilor terestre, când apare o mică parte de informație diferită, datele fiind astfel corupte sau pierdute. Ideea a fost de a combina în regim automat fluxurile de date, recepționate în mod diferit de către rețeaua de stații terestre și de a forma un singur flux de date, asigurând o bună gestionare a acestora.

Un operator din satelit ar avea astfel de monitorizat doar fluxul de date unic, compus din informațiile fluxurilor primite în rețea. Combinarea mai multor fluxuri de date din același satelit, recepționate de stațiile terestre distribuite geografic, pune un șir de noi probleme:

- Aranjarea cadrelor de date în ordinea corectă pe o scară unică a timpului (la nivel mondial). Din cauza timpului nesincronizat de la stațiile terestre și întârzierilor de transmisie în spațiu și pe Pământ, ordonarea temporală a pachetelor poate fi modificată/distorsionată;

- Identificarea pachetelor de date similare, în cazul în care s-au primit pachete redundante de la satelit în rețeaua de la sol;

- Înlăturarea lacunelor de date cu ajutorul informației redundante.

Problema complexă de gestionare a datelor s-a redus la două sub-probleme separate. În primul rând, stațiile terestre ale rețelei trebuie să fie sincronizate între ele, pentru a comanda cadrele de date recepționate pe o scară de timp comună la nivel mondial. Aceasta presupune atât sincronizarea ceasurilor din calculator, cât și sincronizarea ulterioară a fluxurilor de date. În al doilea rând, informația din fluxurile de date sincronizate trebuie să fie combinată pentru a suplini datele lipsă.

4. TESTAREA CONTROLULUI TELEGHIDAT AL STAȚIILOR TERESTRE ÎN CONDIȚII REALE

Proiectul de creare a infrastructurii la sol CNTS cu stațiile terestre interconectate și teleghidate la distanță, fiind realizat în premieră (în cadrul CNTS), a necesitat efectuarea unei serii de verificări și testări în condiții reale de comunicare cu o gamă de sateliți.

Prin concursul cercetătorilor de la Institutul de Științe Spațiale, ROSA, din București, s-au efectuat o serie de proceduri de testare, în câteva etape tematice. La prima etapă s-a ajustat echipamentul atât pentru facilitarea teleghidării controlului antenelor, cât și a componentei recepție/transmisie radio a stațiilor terestre telemetrice din campusul Râșcani UTM (figura 1c), din punctul de sprijin de sud din Cahul (figura 1e) și din Măgurele de la ROSA (București) (figura 1l). La cea de-a doua etapă la toate stațiile terestre s-au instalat sisteme de comandă locală și software „Client-side” și s-au realizat procedurile de control local. La următoarea etapă, pe serverele CNTS s-a instalat componenta software „Server-side” și s-au efectuat procedurile de interacțiune „client-server” de teleghidare a stațiilor terestre. Ulterior s-au aplicat procedurile de verificare privind interacțiunea/conexiunea stațiilor cu comunicare separată și concomitentă cu diferiți microsateliți educaționali.

Toate aceste acțiuni au fost realizate și coordonate dintr-un singur centru de monitorizare a zborului sateliților (foto 7), care dispune de diferite modalități de control: semiautomat, automat cu o singură stație/toate stațiile și automat planificat pentru o suită de sateliți. Componenta software „server-side” asigură fuzionarea mai multor fluxuri de date de la același satelit, recepționate la stații terestre distribuite geografic.

În cadrul CNTS, UTM, a fost efectuat un experiment de testare improvisată a comunicației „micro-

satelit – infrastructura de sol” cu control teleghidat la distanță. Experimentul s-a realizat cu un modul electronic de microsateelit având funcții de captare a imaginilor și de transmisiune a datelor telemetrice și a imaginilor, lansat cu un balon de heliu HAB (high altitude balloon) în stratosferă. Zborul a durat peste trei ore și a atins altitudinea de 28 667 m. Zborul modulului electronic a fost monitorizat de către stația terestră telemetrică din Centrul Național Tehnologii Spațiale, campusul Râșcani UTM, cu acces de la distanță din turnul de comandă a Aeroportului Internațional Chișinău [6-7].

În cadrul experimentului de comunicare cu modulul electronic instalat pe HAB s-a testat și funcția stației terestre de urmărire a balonului folosind datele GPS de la bord. În vederea asigurării telemetriei modulului (temperatura internă și a mediului, tensiunea de alimentare a modulului și a curentului consumat etc.), inclusiv pentru recepția și transmiterea imaginilor, a fost echipată o stație mobilă pe automobil care a urmărit balonul. Stația mobilă, dotată cu un modem 3G, trimitea datele la server. Stațiile terestre au folosit apelativele ER1TUM/ER5TUM, oficializate de Centrul de Frecvențe Radio din Republica Moldova. Imaginile capturate de modul erau salvate pe cardul SD și, în același timp, transmise stației terestre. Parcursul zborului HAB a fost controlat de la Centrul Național Tehnologii Spațiale, inclusiv de la turnul de comandă al Aeroportului din Chișinău. Analizând datele telemetrice și imaginile transmise către stația terestră s-a constatat un minim de erori (circa 0,3% pierderi de pachete), ceea ce confirmă corectitudinea soluțiilor tehnice puse la baza acestor elaborări.

CONCLUZII

Conceptul de dezvoltare a infrastructurii CNTS cu o rețea de stații terestre interconectate promovat în cadrul proiectului *Conectarea infrastructurii Cen-*



Foto 7. Monitorizarea zborului sateliților, CNTS, UTM, Chișinău

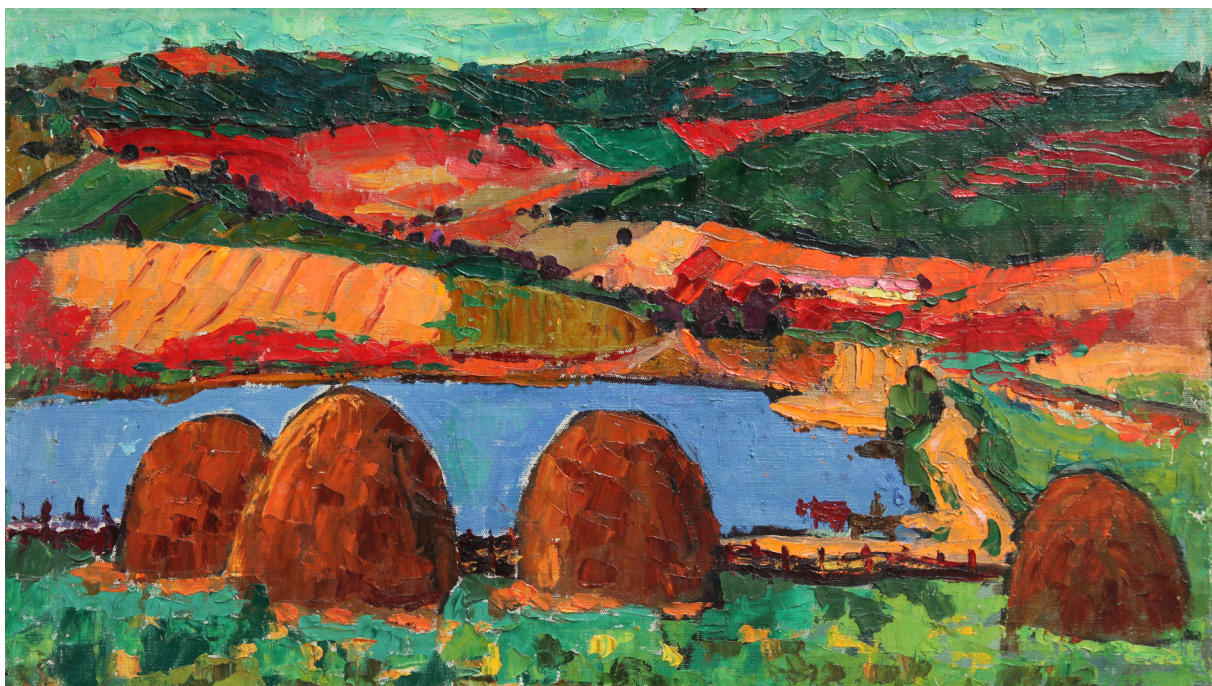
trului Național de Tehnologii Spațiale cu Global Network Educațional pentru operațiuni prin satelit, apel de concurență *Conectarea centrelor de excelență în Republica Moldova la infrastructura europeană de cercetare* [1] a fost realizat integral.

Elaborările din cadrul proiectului privind conectarea CNTS și a stațiilor terestre din Republica Moldova într-o rețea comună cu conexiune la ROSA și ESA vor fi puse la dispoziția cercetătorilor în parteneriate de cooperare internațională în domeniul tehnologiilor spațiale. Proiectul se înscrie în prevederile Contractului de Grant Nr. 2014/346-992 din 24.09.2014 al Comisiei Europene *Suportul financiar pentru participarea Republicii Moldova în Programul Cadru al Uniunii Europene de cercetare-inovare ORIZONT 2020*.

Conectarea CNTS și a rețelei de stații terestre din Republica Moldova la Rețeaua Globală GENSO (Global Educational Network for Satellite Operations) oferă premise de extindere a cooperării internaționale în domeniul tehnologiilor satelitare, în special cu ROSA, urmând să stimuleze dezvoltarea proiectelor educaționale în domeniu prin implicarea studenților, doctoranzilor și cercetătorilor tineri. Totodată, se vor deschide perspective noi pentru lărgirea diapazonului de investigații cu caracter interdisciplinar și de elaborare a tehnologiilor și produselor noi, în domeniul spațial. Astfel, se va crea un fundament sigur pentru extinderea cooperării pe plan internațional.

BIBLIOGRAFIE

1. Conectarea Centrelor de Excelență din Moldova la Infrastructura de cercetare a UE. <http://www.h2020.md/sites/h2020/files/Newsletter-rom-fin.pdf>
2. Bostan I., Secrieru N., Candraman S., Margarint A., Barbovschi A. National space technologies center infrastructure connection to global educational network for satellite operation. În: *Meridian Ingineresc*, nr. 2, 2015, Chișinău.
3. Bostan I., Secrieru N., Candraman S., Margarint A., Barbovschi A. Connecting the infrastructure of National Centre of Space Technologies to Global Educational Network for Satellite Operations. In: *Proceeding of the 5th International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics"*, May 20-23, 2015, Chișinău, Vol. 1.
4. Margarint A., Barbovschi A. Automation of satellite tracking for worldwide ground stations. In: *Proceeding of the 5th Int. Conf. "Telecommunications, Electronics and Informatics"*, May 20-23, 2015, Chișinău, Vol. 1, p. 421-422.
5. Levineț N., Ilco V., Secrieru N. Satellite telemetry data reception and processing via software defined radio. In: *Meridian Ingineresc Nr.2*, 2015, Chișinău, p. 72-76.
6. Bostan I., Cantzer V., Secrieru N., Bodean G., Candraman S. Research, Design and Manufacture of Functional Components of The Microsatellite "Republic of Moldova". - In: *2nd International Communication Colloquium*, Aachen, 2014, p. 19-30.
7. Bostan I., Dulgheru V., Secrieru N., Bostan V., Sochirean A., Candraman S., Gangan S., Margarint A., Grițcov S. Dispozitive mecatronice, tehnologii industriale și satelitare. În: *Akademios*, nr. 1 (32), 2014, p. 21-25.



Eleonora Romanescu. *Scârte*, u.p. 50 × 88 cm, 1981