

Óbudai Egyetem

Doktori (PhD) értekezés



A Föld környezetében tudományos méréseket végző úrkutatási berendezés fedélzeti adatgyűjtő rendszerének és fedélzeti kommunikációs rendszerének kidolgozása

Dr. univ. Nagy János Zoltán

Témavezető: Dr. habil. Molnár András
Egyetemi docens

Alkalmazott Informatikai és Alkalmazott Matematikai Doktori Iskola

Budapest, 2016. Augusztus 19.

Tartalomjegyzék

Rövidítések felsorolása	4
Bevezetés.....	5
1 A tudományos feladat megfogalmazása.....	8
1.1 A kutatás tudományos módszerei és eszközei.....	12
2 Új architektúrájú űrkutatási célú fedélzeti számítógépes rendszer kidolgozása az Obszhanovka kísérlethez.....	13
2.1 A tizenegy műszer interfész felületeinek bemutatása	14
2.2 A fedélzeti telemetria csatornák bemutatása.....	25
2.3 A fedélzeti számítógép feladatai	29
2.4 A BSTM feladatai	32
2.5 A DACU egységek feladatai	33
2.6 Az operációs rendszer	35
2.7 A szenzorok interfész felületei.....	35
2.8 Az Obszhanovka berendezés bemutatása fotókon	36
3 Speciális igények megoldása.....	41
3.1 A mérés helye visszaállíthatóságának lehetővé tétele.....	41
3.2 A telemetria csatornák korlátozott kapacitása miatt az adatok továbbításának kiegészítő megoldása.....	43
3.3 tárhely hatékony, dinamikus kihasználását biztosító eljárás.....	45
4 Az elektromos földi kiszolgáló eszköz ismertetése	46
4.1 A BSTM és DACU egységek tesztelésére fejlesztett EGSE.....	53
4.2 Kommunikáció az EGSE-én belül	54
6 táblázat. Az egyes berendezéseket működtető program részek felsorolása	57
4.3 A taszkok és a beágyazott számítógép	59
5 Összefoglalás.....	62
5.1 Az új tudományos eredmények összefoglalása.....	62
5.2 A várható eredmények és azok felhasználása	63
Köszönetnyilvánítás	65
Függelék.....	66
Irodalomjegyzék.....	75
Cikkek és szabadalmak:	78
Értekezés	82

Rövidítések felsorolása

ADC	analóg-digitál konverter
BITS	Bit Serial System
BSTM	Block of Storage of Telemetry Information Unit
CDMS	Parancs és Adat Kezelő Alrendszer
CORES	Correlating Electron Spectrograph (10eV – 10KeV)
CWD1, CWD2	Integrated Units of Experiments
CWS	Combined Wave Sensor
CCSDS	Consultative Committee for Space Data Systems
DACU1, DACU2	Data Acquisition and Control Unit
DSN	Deep Space Network
EGSE	Electrical Ground Support Equipment
EM	Engineering Model
ESA	European Space Agency
FM	Flight Model
FSM	Flight Spare Model
GLONASS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning System
HK	housekeeping
housekeeping	egy műszer működési állapotát jellemző adat
IKI	Orosz Űrkutatási Intézet, Insztitut Kozmicseskaja Iszledovanyij
KFKI	Központi Fizikai Kutatóintézet
KFKI-RMKI	MTA KFKI- Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet
LC ISR	Lviv Centre of Space Research
NTP	Network Time Protocol
OMTC	Onboard Monitoring Telemetry Interface
QM	Qualification Model
RFA	Radio Frequency Analyzer
SAS3	Signal Analyzer and Sampler
TC	Telecommand
TM	Telemetry adat

Bevezetés

Ebben a fejezetben röviden bemutatom a munkahelyemet és az ott végzett űrkutatási tevékenységet a jelentősebb projekteket kiemelve.

A munkahelyem 2012 előtt az *MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutató Intézete* nevet viselte, 2012-től pedig egy másik a telephelyen működő MTA intézettel összevonva az *MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske és Magfizikai Intézete* a neve. A Wigner kutatóközpont dolgozóinak száma 2016 elején 341 fő, tevékenységi köre széles területet fed le. Az intézet fő kutatási területei: az elméleti és kísérleti szilárdtest fizika, neutronfizika, lézerfizika, részecskefizika, nukleáris fizika, űrfizika, plazmafizika, és biofizika.

Az intézetben, az Űrfizikai és Űrtechnológiai Osztályon belül működő Űrtechnikai csoport feladata az intézetünkben folytatott űrkutatás támogatása, az intézet űrkutatási projektjeihez szükséges hardver és szoftver fejlesztése, továbbá a műszerek tesztkörülményeinek kialakítása és tesztelése.

A Wigner Fizikai Kutatóközpont, a KFKI (Központi Fizikai Kutatóintézet) telephelyén működik. A jelenlegi működési modell 2012-ben jött létre. A kutatóközpont a KFKI, - amiből a jelenleg a telephelyen működő önálló intézetek átszervezésekkel jöttek létre -, 1950. szeptember 1.-én kezdte meg hivatalosan a működését. A második világháború után, a politikusok felismerték a fizika jelentőségét. A KFKI alapításával a cél az országnak az atomfizika eredményeihez való felzárkóztatása, a megfelelő szakembergárda felkészítése volt. Az intézet alapításától kezdve a rendszerváltásig jelentős műszergyártás folyt a KFKI-ban. Ennek okai, a szocialista gazdálkodás körülményei között a nyugati importból történő műszerbeszerzésre rendelkezésre álló deviza korlátozott volta, továbbá a saját technológiák fejlesztésének szándéka, valamint az önálló alkalmazott kutatások és ipari alkalmazások támogatása volt. 1990 előtt az intézetben végzett kutatásokhoz szükséges műszerek jelentős részét az intézet mérnökei fejlesztették és az intézetben gyártották. A KFKI-ban fejlesztett műszerek az intézeten kívül jelentős számban kerültek hazánkban, más szocialista országokban és a Szovjetunióban ipari és tudományos projekteken felhasználásra. A műszerek hazai és nemzetközi értékesítése következtében 1990 előtt jelentős volt az intézet gazdasági tevékenysége. A KFKI-ban a hetvenes és nyolcvanas években a COCOM listás DEC számítógépekkel kompatibilis számítógépeket és a saját fejlesztésű TPA számítógépeket több százas sorozatokban gyártották az akkori szocialista országok piacaira. A rendszerváltás után az ipari területek az MTA intézményekből vállalkozásokba kerültek kiszervezésre és a kutatóhálózatot, követve a gazdasági élet és a tudománypolitikai irányítás változásait, két alkalommal átszervezték [45].

Az űrkutatásba a KFKI 1970-ben kapcsolódott be az interkozmosz program keretében, a Vertikál-1-re került mikro meteorit-csapdával. Az interkozmosz program az egykori Szovjetunió és a kelet-európai szocialista országok 1967-ben aláírt együttműködési szerződése a világűr békés célú kutatására és felhasználására. Az űrkutatási műszerépítéssel az intézet munkatársai közvetlenül bekapcsolódhattak űrkutatási missziókba és a missziók mérési adataihoz közvetlenül hozzájutottak a magyar hozzájárulás ellentételeként.

A KFKI űrfizikusai a hetvenes években a szovjet bolygóközi missziók mérési adatai alapján bekapcsolódhattak a naptevékenység és a Föld körüli térség tanulmányozásába.

Az intézetben az űrkutatási fejlesztések intenzitása 1981-ben a VEGA- Halley misszióval jelentős lökést kapott és ettől kezdve az űrkutatási műszerfejlesztés folyamatos tevékenység az intézetben. A nukleáris műszerfejlesztések során kiépített nemzetközi kapcsolataink, az intézetben fejlesztett műszerek során megszerzett elismertségünk hozzájárult ahhoz, hogy 1981-ben az orosz Űrkutatási Intézet VEGA- Halley missziójába a Halley üstökös kutatására készülő projektbe meghívták az intézet mérnökeit és abban az egyik legkritikusabb részegység fejlesztésére kértek fel. A feladatunk a televíziós képfelvevő rendszer fejlesztése volt. A VEGA-1 és VEGA-2 űrszondák 1986-ban végeztek méréseket a Halley üstökös megközelítése során. Az űrszondák az üstökös közelében jelentős sebességkülönbséggel haladtak el. A néhány órás randevú során, mivel a földi irányító központból jelentős idővesztéssel lehetett volna az irányítási feladatokat elvégezni, a platform irányítását és célra fordítását az általunk fejlesztett fedélzeti számítógép végezte a televíziós rendszer képeinek feldolgozása és kiértékelése alapján. Ez a misszió teljes sikerrel zajlott, a tervezett tudományos feladatokat elvégezte.

Sajnos nem minden misszió végződött teljes sikerrel. A következő projektben ismét igen jelentős feladatot kaptunk, az orosz Phobos misszió két szondája leszálló egységeinek fedélzeti számítógépeit fejlesztettük. A két orosz űrszonda a Phobos-1 és Phobos-2 célja a Mars kutatása és a leszállás a Mars Phobos holdján volt. Sajnos 1989-ben mindkét űrszonda elveszett a landolás megkezdése előtt, de a Mars környezetében számos eredményes tudományos mérést végeztek.

Az orosz Mars-96 űrszondához kapcsolódva három kísérlet fejlesztésében vettünk részt. Sajnos a Mars-96 a fellövése után néhány órával a Csendes-óceánba zuhant.

A NASA 1997. október 6.-án startolt Cassini űrszondájához a CAPS részecskedetektor és MAG magnetométerhez földi tesztberendezéseket fejlesztettünk. A misszió a célt, a Szaturnuszt 2004-ben érte el. Mivel a misszió sikeres és jelenleg is működik, így lehetőség volt annak több alkalommal -, legutóbb 2017 közepéig történő meghosszabbítására.

A széles nemzetközi együttműködéssel fejlesztett orosz SRG űrszonda fedélzeti adatgyűjtő számítógépét, a BIUS-t fejlesztettük és készítettük el. A szonda célja a Föld környezetének röntgen és gamma tartományban történő vizsgálata. Sajnos a misszió indítását folyamatosan elhalasztják és a késés már a tíz évet is meghaladja.

1994-ben kezdett tízéves fejlesztés után, 2004-ben indult az ESA Rosetta űrszondája, a 67P/Churyumov-Gerasimenko üstökös kutatására. Ez az első űrberendezés, amely hosszú idejű kutatást végez egy üstökösön. A Rosetta tartalmaz egy nagyméretű keringő és egy kisméretű leszálló egységet, amelyek a Naptól nagy távolságra tízéves űrutazás után is működnek. A Rosetta tudományos berendezései az üstökös részletes tanulmányozására alkalmasak. A Philae egység az üstökös mag felszínére 2014. november 12.-én leszállt. Az űrkutatás történetében első alkalommal sikerült a landolás egy üstökös felszínén és ettől kezdve mintegy 72 órán át folyamatosan onnan tudományos adatokat nyerni, majd továbbítani a Földre. A csoportunk 1994-től részt vett a leszállóegység Parancs és Adat Kezelő Alrendszer fejlesztésében (CDMS) amely a Philae leszállóegység vezérlését végezte. A paraméterek repülés közbeni pontosítása alapján a

CDMS szoftverét finomítottuk. A mi kutatóink szoftverfejlesztőként aktívan részt vesznek a Philae fedélzeti számítógépének szoftver karbantartásában. A Lander szoftverét még a 2014-es leszállás előtt is frissítettük. Az üstökösök vizsgálata, mivel ezek az égitestek sok milliárd évvel a Naprendszer keletkezésekor jöttek létre, azóta őrizve akkori állapotukat, a Naprendszer kialakulásának kutatáshoz járulnak hozzá.

A 2005. november 9.-én orosz Szajuz-Fregatt hordozón indult Vénusz-Expressz misszió ASPERA-4 (Analyser of Space Plasmas and Energetic Atoms) kísérletéhez, amely napszél és a Vénusz atmoszférájának kölcsönhatását kutatja, automatikus kalibráló rendszert fejlesztettünk. A misszió a célt 2006. május 7.-én érte el és 2015. január 18.-ig működött.

Jövőbeli programok:

Az űrtechnika csoport több munkatársa jelentős tapasztalatot szerzett nagy megbízhatóságú, kedvező hatásfokú kapcsolóüzemű tápegységek fejlesztésében. A tápegységek fejlesztése fontos terület a fedélzeti rendszerek, kísérletek tápellátása során, mivel a fedélzeti tápellátás általában 27 V, amiből a műszerek számára számos más feszültségű táplálást kell előállítani az egészen alacsony 1,8 V-tól akár több száz Voltig terjedő tartományban. A tápegységek fejlesztésében szerzett tapasztalataink miatt több kísérletbe hívtak meg.

Az orosz Luna-Glob szondára tervezett svéd kísérlet a LINA (Lunar Ions and Neutral Analyse) műszeréhez tápegységet fejlesztettünk 2004-ben. A Luna-Glob célja leszállóegység eljuttatása a Holdra. Időközben a Luna-Glob startját elhalasztották. A Luna-Glob misszió egyik célja a Föld és a Hold keletkezésének kutatása.

Két elképzelés van a Hold keletkezéséről. Az egyik szerint a Föld Hold egy ősi részecskefelhőben alakul ki, amelyet a Naprendszer korai időszakában por, részecskék és meteoritok alkottak. A másik elképzelés szerint a Földdel ütközve egy másik bolygóval a Földkéregből kivált anyagból alakult ki a Hold. A keletkezés lehetséges módját geológiai úton fogja a Luna-Glob vizsgálni, szeizmológiai méréseket végezve a Holdon. A szonda tíz szeizmikus érzékelőből álló hálózatot juttat el a Hold felszínére. Az egyes szeizmikus érzékelők három szenzort tartalmaznak amelyek a rezgések vízszintes és függőleges irányú komponenseit mérik tizednanométeres tartományban egészen kis frekvenciájú, néhány tized, század Hz-től néhányszor tíz Hz-ig [A37]).

A csoportunk mérnökei elkészítették a BepiColombo kísérlet Bolygó Ion Kamerája (PICAM) tápegységének repülő példányát. Ez a kísérlet 2017-ben indul a Merkúrhoz. A PICAM egy ion tömeg spektrométer, amelynek a feladata lesz azokat a folyamatokat tanulmányozni, amelyek során a talajból kilépő semleges részecskék ionizálódnak a Merkúr környezetében. A PICAM a tömeg összetételét, energia és szögbeli eloszlást méri alacsony energiáktól 3 keV-ig a Merkúr környezetében. A repülő példányt leszállítottuk a grazi Űrkutatási Intézetbe integrálásra.

A 2022-ben a Jupiterhez induló Juice misszióhoz DC-DC tápegységet fejlesztünk, amely két fedélzeti adatgyűjtő számítógép és hat műszer tápellátását fogja biztosítani. A Juice is hosszú időtartamú misszió, amely mintegy tíz éves repülés után érkezik meg a Jupiterhez.

A magyar-orosz űrkutatásban hagyományosan jó az együttműködés. Több projekt áll az előkészítés különböző fázisaiban. Ezek egyike a ROY (méhraj) misszió, amire fedélzeti adatgyűjtő számítógép rendszertervet készítettünk. A misszió célja négy Föld körül keringő műholdon a naptevékenység tanulmányozása és a Nap által kiváltott jelenségek terjedésének vizsgálata a Föld környezetében.

1 A tudományos feladat megfogalmazása

Az orosz Űrkutatási Intézettől, az IKI-től 2003-ban kaptunk felkérést a Nemzetközi Űrállomás Orosz szegmensében, az űridőjárás paramétereit vizsgáló Obszhanovka kísérlet mérési és üzemeltetési céljait megvalósító fedélzeti számítógépe fejlesztésére. A projekt orosz vezetője Stas Klimov kérte fel az intézetünket a fedélzeti számítógép fejlesztésére.

A feladat vizsgálata után a fedélzeti számítógép kialakításával kapcsolatban, - amely az egyes szenzorok (összesen tizenegy szenzort tartalmaz a kísérlet) vezérlésére, adatainak fogadására, azok előzetes feldolgozására alkalmas – egy több processzort tartalmazó, elosztott intelligenciájú architektúra kialakítását javasoltam, amely bizonyos redundanciát visz be a rendszerbe. Követelményként fogalmaztam meg, hogy az eltárolt adatokból a mérések helye rekonstruálható legyen az adatok földi tudományos feldolgozása során.

A rendelkezésre álló kommunikációs csatorna kapacitása korlátozott volt. A rendelkezésre álló csatorna használatát, az azon küldött adatok prioritását a földi irányító központ határozza meg. Az űrhajó, az orosz szegmens állapotformációi, az űrhajósok állapotával összefüggő orvos biológiai adatok az elsődlegesek, a fennmaradó csatornkapacitást pedig több kísérlet között megosztva használják adattovábbításra. Olyan megoldást kellett keresnem, amely lehetővé teszi a mért adatoknak a telemetria által biztosítható szakaszos követése mellett is azok eljuttatását a Földre. Ezt egy háttértároló alkalmazásával és annak meghatározott időnként a Földre szállításával oldottam meg.

Mivel az egyes szenzoroktól érkező mérési adatok mennyisége előzetesen becsülhető, de nem ismert pontosan, viszont a biztosítható tárolókapacitás mérete korlátozott, a rendelkezésre álló tárolókapacitás felosztására algoritmust dolgoztam ki.

Az igénybevételi tesztek elvégzése fontos része volt a feladatnak Ennek biztosítására a tesztelés igényeinek megfelelő többprocesszoros Földi Ellenőrző Berendezést dolgoztam ki.

Ez a disszertáció az Obszhanovka kísérletben végzett munkám alapján készült. Ebben a munkában röviden bemutatom az Obszhanovka kísérletet, feladatait, szenzorait és az általa végzendő tudományos méréseket.

Az Obszhanovka orosz szó, jelentése környezet. Az Obszhanovka kísérlet a Föld környezetében végez tudományos méréseket. Az IKI (Orosz Űrkutatási Intézet) irányította a nemzetközi tudományos programot. A magyar műszerek 2013. február 11.-én kerültek a Nemzetközi Űrállomásra egy teherűrhajó segítségével. A műszerek fejlesztése során négy modellt készítettünk.

- a) elektromos modell,

- b) technológiai modell,
- c) repülő példány, illetve
- d) tartalék repülőpéldány.

Ezeket a modelleket kiszállítottuk az Orosz Űrkutatási Intézetbe, ahol azok számos teszten mentek át, amíg a repülő példány felkerülhetett az űrállomásra. A teszteket a Moszkva közeli Koroljovban működő RK Energia űrkutatási központban is elvégezték, ahol a berendezések integrálását és tartós igénybevételi tesztjeit végezték. Az űrhajósok felkészítése az Obszhanovka üzembe helyezésére 2012-ben megkezdődött, aminek során elsajátították maketteken, űrhajós öltözékben, a világűrbeli szerelést víz alatt gyakorolva a berendezések világűrbeli üzembe helyezését.

Az Obszhanovka kísérlethez tartozó műszerek feladata az űridőjárás vizsgálata. Az „űridőjárás” az ionoszféra, a magnetoszféra és a Föld közeli interplanetáris térben végbemenő jelenségeket jelenti, amelyek megfigyelésének módszerei eltérnek a földi légkör időjárásának megfigyelésétől. A Föld körül keringő műholdakon elhelyezett műszerekkel történik, jellemzően néhány száz kilométer magasan a felszín felett. Az űridőjárást befolyásoló legfontosabb hatások a napszél, a Napból kilépő anyagáramlás, a bolygóközi térben végbemenő mágneses jelenségek és kis mértékben a Naprendszeren kívülről érkező részecskék. A földközeli tartományokban végbemenő jelenségek hatásaitól a magnetoszféra – amely felfedezése az ötvenes évek űrkutatásának eredménye – védi meg a Föld felszínét. Eltéríti a kozmikus sugárzásból származó és a Napból érkező nagyenergiájú ionizált részecskéket és a Van Allen-övezet külső és belső övében gyűjti össze azokat. A Van Allen-öv külső része 3-10 földmagassági magasságban található a belső pedig 100 és 10 000 km magasságban – az előbbiben elektronokat, az utóbbiban pedig protonokat térít el a magnetoszféra. A légkör felső rétegeiben ütköző eltérített részecskék hatása a sarki fény, amelynek színe a gerjesztett atomokra vagy molekulákra jellemző. A magnetoszféra nem homogén a Föld körül. Dél-Amerika közelében a Dél-Atlanti mágneses anomália térségében kisebb a mágneses védőhatás, és ebben a térségben az űreszközöket, műholdakat is kevésbé védi meg a világűrből érkező sugárzástól. A naptevékenység felerősödése mágneses viharokat vált ki, amelynek hatásai közvetlenül érzékelhetőek, műholdak meghibásodását okozhatják, vagy akár a földi energiaellátást is megzavarhatják. Szélsőséges esetben, erőművekben, transzformátorokban is okozhatnak üzemzavarokat.

A Föld felszíne felett 60 és 1000 km közti magasságban található az ionoszféra. A nevét az ebben a tartományban található nagyszámú ionizált részecskéről, ionokról kapta.

Az ionok keletkezése során egy atommag külső héjáról egy elektron távozása a kifelé mutatott semlegességet megszünteti, kifelé pozitív töltést fog mutatni az atom. A pozitív töltésű molekulát pozitív ionnak nevezünk. Ha a külső héjra egy többlet elektron érkezik az atom kifelé negatív töltést mutató negatív ionná válik. Külső erő hatására a töltött részecskék ellentétes irányú vándorlásba kezdenek, amely mint áram mérhető, és ha ütköznek az ellentétes töltésű részecskék, akkor egyesülnek és semlegesítik egymást. Az ionoszférában a Napból érkező ultraibolya sugárzás, Röntgen-sugárzás és kozmikus sugárzással érkező töltött részecskék kölcsönhatásba léphetnek a semleges molekulákkal, azok külső héjáról elektront távolítanak el és negatív iont hoznak létre. Egyes ritka esetekben a nagy energiájú részecskékkel történő ütközés negatív és pozitív ionokra

szakítja szét az atommagot. A részecskék mozgási energiáját elektronvoltban mérik. Egy eV az az energia, amit egy elektron egy Volt gyorsító feszültség hatására nyer. Nagyenergiájúnak azt a részecskét nevezik, amely mozgási energiája nagyobb, mint 10 MeV amelyek néhány mm vastag fémrétegen is áthatolnak. Ahhoz, hogy egy részecske egy semleges atommal ütközve annak ionizálására képes legyen, elegendő energiával kell rendelkeznie. Az ionizáláshoz szükséges energia függ az ütközésben résztvevő semleges részecske atomszámától. Az ionok jelölése, az ion jele feletti pozitív vagy negatív jellel történik az ion általa szerzett vagy elvesztett elektronok számának feltüntetésével O^{2-} , H^+ .

Az ionoszférában azért található nagyszámú ion, mivel ebben a tartományban a semleges részecskék sűrűsége kicsi, aminek következtében a semleges részecskékből az ionizációs folyamat során felszabaduló elektronok és ionok viszonylag hosszú ideig megmaradnak mielőtt egy ellentétes polaritású töltött részecskével ütközve rekombinálnának. A rekombináció az a folyamat, amelynek során két ellentétes töltésű részecske egyesül, pld. egy elektront egy elektroniánnal rendelkező pozitív ion befog, és kölcsönösen semlegesítik egymás kifelé mutatott töltését. A szabadon mozgó elektronok és részecskék átlagos élettartama az ionoszféra különböző rétegeiben húsz másodperc és húsz perc között van. Erre az élettartamra a napszakok, a nappal és éjszaka változása is hatással van. Az ionoszféra a rádiójelek terjedését befolyásolja. Az ionok nagy koncentrációjának hatására az ionoszféra egyes rétegei vezetővé válnak és erről a vezetőrétegről a rövidhullámú rádióadás, mint egy tükörről visszaverődik, ami nagy távolságokban lehetővé teszi a vételt. Az ionoszféra változásai a vett jel szintjének folyamatos ingadozásában, - erősödés, gyengülés - nyilvánul meg és ezt az ingadozást az angolból átvett szóval, fadingnek hívjuk.

Az ionoszférában az elektromos töltéssel rendelkező részecskék száma a semleges atomokhoz, molekulákhoz képest a Földtől távolodva növekszik. A felső légkör leginkább plazmaállapotban van. Plazmaállapotban a részecskék jelentős része ionizált állapotban van. Az ionizált részecskék elektromosan vezetővé teszik a plazmát, amely a külső mágneses tér is hat. A Föld körül keringő űreszközök ebben az ionizációs sugárzás hatására keletkező plazmában mozognak, kölcsönhatásba lépnek vele, ami többek között befolyásolja az antenna és a Föld közötti összeköttetést is. Az adatátvitel tervezésénél figyelembe kell venni az ionoszféra-modellek paramétereit, az ilyen modellekhez pedig a plazma tulajdonságainak - elektronsűrűség, ionösszetétel, elektron- és ionhőmérséklet, az évszakok és a Nap hatása - minél pontosabb ismerete szükséges.

A felső légkör vizsgálatának egyik fontos eleme a whistler-szerű jelenségek megfigyelése és kiértékelése. A whistlerek villámok keltette szélessávú elektromágneses impulzusok, amelyek belépnek az ionoszférába és onnan a magnetoszférában folytatják útjukat, a plazmában továbbterjednek és nagy távolságokra a villámok keletkezésétől is vehetőek megfelelő rádiófrekvenciás vevővel. A whistler angol szó jelentése fütty, esetünkben például a villámokból érkező rövid impulzusok terjedését jelenti a Föld környezetében. Megfigyelésük az ionoszférában zajló energiaátviteli és hullámterjedési folyamatok kutatását segíti elő. Észlelésükre magyar kutatók dolgoztak ki eljárást, és mérésére egy berendezést is kifejlesztettek ki a SAS nevű műszert, amely a vett rádiójelek alacsony frekvenciás jeleinek spektrumát egy mintával hasonlítja össze. Az ELTE kutatói a whistlerek kutatásával a felsőlégköri ionoszféra fizikai jelenségei és a földi szeizmikus aktivitás közti kapcsolatokat kutatják.

Az űridőjárás megfigyelésére a moszkvai IKI irányításával megtervezett Obszhanovka (környezet) kísérlet fejlesztésébe kaptunk meghívást, amit részletesen az alábbiakban ismertetek [1], [2], [A29]. Az Obszhanovka műszeregyüttes fejlesztése több nemzetközi részvevő együttműködésével folyik – az irányítást a moszkvai IKI végzi, és angol, bolgár, lengyel, magyar, orosz és ukrán csoportok vesznek részt a megvalósításban. A magyar résztvevők az MTA KFKI-Részecske- és Magfizikai Kutatóintézete (KFKI-RMKI), az Eötvös Loránd Tudományegyetem Űrkutató Csoportja, az SGF Kft és a BL Electronics Kft.

Az Obszhanovka-kísérletben összesen tizenegy érzékelő fejlesztésére és kivitelezésére kerül sor, amelyek a Nemzetközi Űrállomáson (az ISS-en) működnek majd, az űrállomás orosz moduljában. A kísérlet célja a magnetoszférában és az ionoszférában végbemenő elektromágneses jelenségeknek, és az extrém nagy űrjárművek ionoszférával történő kölcsönhatásának a vizsgálata. A műszereket a világűrben az ISS külső felületén, két konténergységben helyezik el. A KFKI-RMKI feladata a tizenegy műszer vezérlése és a tőlük érkező adatok fogadása, tárolása és ehhez egy adatgyűjtő és vezérlő számítógép rendszer fejlesztése, létrehozása. Erre a feladatra az űrkutatási előzményeink alapján hívtak meg [4], [5], [6]. A megoldandó feladat során az űrbeli alkalmazás miatt a fokozott megbízhatósági igényeket is teljesíteni kell. A tömeg, a méret és a teljesítményfelvétel korlátozott, ugyanakkor extrém körülményeket kell elviselni, például fokozott mechanikai igénybevételt, az indítás során fellépő rezgést, gyorsulást, és üzemképesnek kell lenni vákuumbeli és széles, ingadozó hőmérsékleti tartományban (-40°C –tól $+80^{\circ}\text{C}$ -ig).

Az érzékelőket a Nemzetközi Űrállomás két oldalán, két mérőágban helyezik el. Mindkét csoportban többféle érzékelő kap helyet. Két, automatikusan kinyíló antennával rendelkező CWS (Combined Wave Sensor) [A29], [16], [17] méri az ionoszférában a mágneses térerő változásait nTesla, az ott folyó áramokat pA és nV tartományban a potenciál különbségeket. A SAS3 (Signal Analyzer and Sampler) [14], [15] magyar fejlesztésű műszer, amely a CWS berendezések jeleit megkapja, és azokat online feldolgozza, kiértékeli. Célja a földi szeizmikus aktivitás és az ionoszférában mérhető jelek közti kapcsolat vizsgálata. A vett jeleket folyamatosan feldolgozza és összeveti egy tárolt referenciaspektrummal. Ha az eltérés nem jelentős, akkor kevés adatot küld a fedélzeti adattároló berendezés felé. Ha nagyobb eltérést talál, akkor azt eseményként értékeli és egy előre definiált ideig a mérési adatokat teljes egészében a fedélzeti tárolóeszköz felé továbbítja. A SAS3 feladata a már említett whistlerekkel kapcsolatos. A Föld körüli térségben fellépő whistlerek hatását vizsgálja az ionoszférában mérhető mágneses és elektromos térerő változásainak megfigyelésével.

Az RFA (Radio Frequency Analyzer) kísérlet [8], [9], [10], [11] diagnosztizálja az ionoszférában a plazma tulajdonságait, valamint vizsgálja az űrállomás felszínének és a környező plazmának a kölcsönhatását. Az elektromos és mágneses mező időbeli és térbeli ingadozásait méri a 100 kHz-től 15,0 MHz-ig terjedő frekvencia tartományban.

Irving Langmuir, Nobel-díjas svéd fizikus után nevezték el a Langmuir-probe [7] (Űrhajó potenciál monitor) érzékelőket. A Langmuir-probe-ra konstans vagy változtatható potenciált kapcsolnak és alkalmas a plazma és a jármű - esetünkben az űrállomás - körüli plazma elektronhőmérsékletének, sűrűségének és potenciáljának meghatározására. Az űrjárművek környezetében a plazma hatással van az eszközökre, okozhat energiaszivárgást a nagy intenzitású elektronfluxuson át, befolyásolhatja a

telekommunikációt és radaralkalmazásokat az elektromágneses hullámok visszaverődésével és szóródásával, és az érzékelők működését befolyásoló zajt okoz. A Langmuir-probe működési elve egyszerű: nem más, mint a plazmába kidugott vezető elektród, ami egy gömb és az űrhajó teste közti áramot vagy potenciált mér. Így az LP-vel mért értékek kiértékelése alkalmas az űrjárművet körül vevő plazma állapotának alapos vizsgálatára.

Két DP (Digital Potentiometer) [3] is helyet kap a műszerek között, amelyek a ± 100 Voltos tartományban mérik az űrhajó felületén környezetében a potenciálváltozásokat. A Nap fotoelektromos hatása az űrállomás napsütötte oldalán néhányszor tíz Voltos pozitív töltést hozhat létre, az árnyékos oldalon, pedig negatív töltések gyűlhetnek össze. A felületek és a környező tér között a potenciálkülönbség extrém esetben veszélyes lehet az elektronikus eszközökre is. A Fluxgate magnetométer, valamint a DFM1 és DFM2 [12], [13], ukrán, illetve orosz fejlesztésű műszerek, amelyek a mágneses tér nagyságát három irányban mérik, és nagy pontossággal informálnak a Föld mágneses terének változásáról az orbitális pályán történő repülés során.

Végül a CORES [18], [19] egy angol fejlesztésű műszer, amely az ion- és elektronkoncentrációt méri az űrállomás közelében 360 fokos térszögben, 0,1 másodperces felbontással. Elektronoptikát, MCP-detektort, nagyfeszültségű tápegységet, előerősítőt és kiértékelő elektronikát tartalmaz.

Látható tehát, hogy az ionoszféra alapos vizsgálatára igen komoly műszerekkel készülnek. Bolygónknak, illetve légkörének vizsgálata pedig globális, nemzetközi összefogást igényel – ebből pedig magyar kutatók is kiveszik a részüket. Nemcsak a műszerek készülnek részben Magyarországon, hanem az elfogadott kutatási program egyik fontos célja az ELTE kutatóinak korábbi mérésein alapuló javaslatára a földrengések és a Föld körüli tér összefüggéseinek vizsgálata [20], [21]. Az ELTE csoportjának feltételezése szerint a Földön bekövetkező szeizmikus folyamatokat, földrengéseket megelőző tektonikus változások a Föld körüli tér állapotát befolyásolják, a földi kőzetekben keletkező feszültségek hatással lehetnek a Föld körüli tér állapotára, és az ionoszférában mérhető jelenségekre, mivel a Föld egy kozmikus méretű kondenzátornak is tekinthető. A projekt által szolgáltatott tudományos adatok kiértékelése elképzelhető, hogy a földrengések előrejelzéséhez visz közelebb [A35].

1.1 A kutatás tudományos módszerei és eszközei

A feladat megoldása során alkalmazott módszerek többféle tevékenységből álltak. Ezek a következők voltak: nemzetközi együttműködés, irodalmazás, modellkészítés, a modell működésének kiértékelése, a tervek szükséges módosítása, az eredmény partnereinkkel történő elfogadtatása, valamint publikálás.

Nemzetközi együttműködés: A feladat megoldása során meghatározóak voltak a projektet tudományosan irányító Orosz Űrkutatási Intézet (IKI) és a szenzorokat készítő csoportok munkatársaival folytatott egyeztetések, megbeszélések, meetingek.

Irodalmazás: Ez a folyamat a partnereinktől kapott dokumentumok és a szakirodalom tanulmányozását jelenti. Az irodalmazás célja a követelményeknek való megfelelés, a hasonló megoldások tanulmányozása és a megfelelő alkatrészek kiválasztása volt.

Modellkészítés: Mivel hardver és szoftver létrehozása volt a cél, előzetesen megépítettük az egyes részegységeket. Mivel a projekt nemzetközi együttműködésben készült a megoldása során javaslataimat, a tervezett hardver kialakítását, az interfész felületekkel történő kommunikáció módját az együttműködő felek tanulmányozták és javaslatokat tettek adott esetben ezek módosítására.

Kiértékelés: A szükséges tesztek elvégzése, a mérési eredmények értékelése is a munka része volt, amelyek alapján, ha szükséges volt módosítottam a korábbi modellt..

Előírt tesztek elvégzése és dokumentálása: Partnereinknek átadtam a tesztek során készült dokumentumokat, illetve számos kritikus teszt elvégzését közösen végeztük el az Obsztanovka csoport tagjaival. A megoldandó feladat sajátosságos paraméterei a kis súlyra, kis fogyasztásra való törekvés, illetve a szélsőséges működési körülmények teljesítése.

Publikálás: Az elért eredményeket hazai és nemzetközi folyóiratokban és konferenciákon mutattam be.

A projekt eredményeiből intézetünk úrfizikus kollégái profitálnak. Saját forrásból nem, csak nemzetközi együttműködés keretében juthatnak űrkutatási mérések adataihoz. Az űrkutatás meghatározó résztvevői alapvetően a nagyhatalmak, de a kis országok kutatóinak is van lehetőségük jelentős eredmények elérésre. Erre példaként az Oersted dán mikroszatellit említem. Űrkutatási mérési adatok elemzéséből, a 2000-ben felbocsátott dán Oersted mikroszatellit méréseinek és a húsz évvel korábbi adatoknak az összehasonlításából kiderült, hogy a Föld mágneses mezejének védőhatása jelenleg erőteljesen csökken, és az a veszélyes zóna ahol a műholdak elektronikáját károsodás érheti, növekszik. Azt feltétezzük, hogy Földünk ezer éves távlatban, mágneses pólusváltás előtt áll, és ennek a hatásai jelentkeznek a Föld mágneses terének változásában. Az Oersted projekt példázza, hogy egy kis ország kutatói is érhetnek el jelentős eredményeket az űrkutatásban [49].

2 Új architektúrájú űrkutatási célú fedélzeti számítógépes rendszer kidolgozása az Obsztanovka kísérlethez

A Nemzetközi Űrállomás, ISS (International Space Station) [22], [23], [24] amerikai, orosz, japán és az európai űrügynökségek moduljaiból áll. A fő egységek építése és összeszerelése 2002 és 2011 között történt. Az űrállomás folyamatos bővítés alatt áll, számos új kísérleti berendezés fejlesztésére és telepítésére adva folyamatosan lehetőséget. Számos magyar kutatócsoport kapcsolódott be az ISS-en végzett kutatásokba. Ezek közül néhány a sajtóból ismert:

- Pille dózismérő [25], [26]
- részvétel a fémhab [27] előállításával kapcsolatos kísérletekben,
- kognitív idegtudományi kísérletek [28], a tartós súlytalanság hatása és az űrhajósok reakcióidejére, valamint tájékozódó képességére.

Intézetünk csoportja az orosz modulra kerülő Obszhanovka mérőrendszer létrehozásában történő részvételre kapott meghívást. Az Obszhanovka célja a magnetoszférában és az ionoszférában végbemenő elektromágneses jelenségek és az extrém nagy úrjárműveknek az ionoszférával történő kölcsönhatásának vizsgálata. Az Obszhanovka berendezés orosz, ukrán, svéd, lengyel, bolgár, angol és magyar kutatócsoportok együttműködésével összesen tizenegy műszer – egy részük kettőzve – készült az űrfizikai jelenségek tanulmányozására. A műszerek az ISS külső felületén, két konténeregységben kerültek elhelyezésre, egymástól néhány méter távolságban. Rendelkezésre álltak a mérőműszerek, és a fedélzeti telemetria csatornáinak specifikációi, feladatom a műszerek és a fedélzeti csatornák közti kapcsolat kidolgozása volt. Ennek a megoldására dolgoztam ki a fedélzeti adatgyűjtő és vezérlő számítógép architektúráját, amely a két konténerben elhelyezett tizenegy műszer vezérlését, a tőlük érkező adatok fogadását, előzetes feldolgozását, tárolását és továbbítását teszi lehetővé.

2.1 A tizenegy műszer interfész felületeinek bemutatása

A szenzorok feladatát, a velük megvalósítható méréseket az előzőekben *a tudományos feladat* megfogalmazása című fejezetben röviden ismertettem. Ebben a fejezetben a szenzorok interfész felületeit és az illesztésük alapelveit mutatom be röviden, nem a teljességre törekedve, mivel egy-egy szenzor részletes specifikációja tíz-húsz oldal terjedelmet igényel.

CORES (Correlating Electron and Ion Spectrograph, CORES 10eV – 10keV), feladata az elektron és ion sűrűség mérése az ISS közelében.

A CORES hardver interfésze RS-422-es, 15 pólusú CANON csatlakozón lehet (1. táblázat.) vele kommunikálni, amin az adatátviteli sebessége 115 200 bit másodpercenként.

csatlakozópont	Funkció
1	0 V fedélzeti táp
2	Adatjel földje
3	TM + Adat CORES-től +
4	TC + Adat CORES-hez +
5	TM - Adat CORES-től -
6	TC - Adat CORES-hez -
7	Készülék dobozának a földje
8	Csatlakozók összekapcsolását jelentő jel
9	+28 V fedélzeti táp

1. táblázat. A CORES csatlakozó lábkiosztása

Az adatátvitel differenciális buszon történik, a CORES-től a TM+ TM-, a CORES felé a TC+, TC- vezetékpárokon.

A CORES számos üzemmóddal rendelkezik:

- kikapcsolt állapot,
- készenléti (standby) üzemmód, amelyben a CORES a beépített Multi Channel Plate (MCP) detektor nincs bekapcsolva, az nem kap nagyfeszültséget. Ez az üzemmód például a szoftver frissítését teszi lehetővé,
- kalibrációs üzemmód az MCP nagyfeszültségének optimális beállítását teszi lehetővé,
- a CORES átkapcsolható különböző sebességű adatátviteli módokra, amelyek, kis, közepes illetve nagy adatmennyiségű üzemmódok. A kisebb adatmennyiségű üzemmódokban az adatokat átlagolva küldi, a nagy adatmennyiségűben az időbeli felbontás a jobb.

A CORES az alábbi parancsokkal vezérelhető, a megadott kódok a CORES adatbuszára történő küldésével:

1) housekeeping adat kérése: 01, 00, 01, 02, 00, 03, a housekeeping, „háztartási adatok” egy műszer működési állapotát jellemző adat, lehet hőmérséklet, feszültség, áramérték, amelyet a fejlesztő az adott műszer működésével kapcsolatban kritikusnak tart. A továbbiakban a housekeeping adatot HK adatként rövidítem. A CORES esetében a fejlesztés során a fejlesztő erre a célra hőmérsékleti adatot választott ki, a processzor és DC-DC konverter hőmérséklete kérdezhető le. A DC-DC konverter a detektorok nagyfeszültségét állítja elő.

2) Science, (tudományos) adat kérése 1, 0, 2, 2, 0, 3 ez a parancs a legutóbbi tudományos adat lekérdezését teszi lehetővé

3) Reset CORES 01, 00, 04, 02, 3AH, 03 a CORES állapotát alapállapotba hozza, ami a standby, (készenléti) állapotnak felel meg.

4) Global Mode 01, 00, 40, 02, mode, 03

A Global mode nevű paranccsal az adatátvitel sebessége állítható be. Az adatátvitel definiált struktúrájú frame-ekben, (csomagokban) történik, amelyeknek meghatározott headerje (fejléce) és felépítése van.

Global Mode értékek:

192 (C0h) Stop TM output

193 (C1h) 1 frame per 3 sec ... 199 (C7h) 7 frames per 3 sec

129 (81h) 1 frame per 375 msec ... 135 (87h) 7 frames per 375 msec

65 (41h) 1 frame per 47 msec ... 71 (47h) 7 frames per 47 msec

5) Burst üzemmód teszt 01, 00, 04, 02, 03BH, 03 ez a parancs a bemérést, tesztelést támogatja. Hatására a CORES maximális adatátviteli sebességgel a processzor memóriájának tartalmát küldi.

6) Szoftver paraméterek megadása 01, 01, 08, 02, parameter, value, 03,

a szoftver frissítés során használandó parancs.

7) Set/Disable commands 01, 02, 08, 20, 55H, AAH, value, 03,

üzemmódok be/kikapcsolása

8) Set Hardware values (hardver értékek megadása) 01, 03, 08, 02, 55H, AAH, parameter, value, 03 nagyfeszültség értékek beállítása

9) Start Macro 01, 04, 08, 02, 55H, AAH, key, msadd, lsadd, 03

Előzőleg definiált parancsok sorozatát hajtja végre.

10)Memory Block checksum 01, 07, 08, 02, 55H, AAH, A9H, page, msadd1,

lsadd1, msadd2, lsadd2, 03

Memory Block checksum, a memóriába írás során a művelet eredményének ellenőrzése a blokkban található ellenőrző összeg által

11)Memóriába írás 01, 0BH, 08, 02, 5AH, page, msadd, lsadd,

[8 data bytes], 03

(Bytes: mode, parameter, value, key, page, msadd, lsadd, etc can have a lehetséges értékek 00-FFH.)

A processzor memóriában software frissítés elvégzésekor használható parancs.

A CORES által küldött housekeeping csomag:

10-Nov-2004 12:40:34 Housekeeping Pkt: 01 37 01 02 - 69 01 03 00 00 0B 80 00 00 00
07 67 13 00 00 00 **0D E3 0D BB** 7F FF 15 D8 11 8C 00 02 13 FC FF FF FF FF FF FF
FF 00 00 00 00 00 00 00 0B 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 - 03

Az adatbájtok 17,18 [kékkel jelölve](17.-től “-“) a mikroprocesszor hőmérsékletét és a 19,20 bájtok [zölddel jelölve] DC/DC konverter hőmérsékletét kódolva tartalmazzák, azaz összesen két-két hőmérsékleti érték érkezik. Kettő a mikroprocesszor és kettő a DC-DC tápegységtől.

A hőmérséklet az első bájt tartalmazza, 0 °C felett, az első bájt értékének a kétszerese a mért hőmérséklet, így a ODHex = 13 decimális 26 °C-t jelent.

Ha az első bájt > 127 akkor a hőmérséklet negatív előjelű, 0 °C alatt van.

Hasonlóan értelmezhetőek a további hőmérsékleti értékek is.

A CORES automatikusan küld tudományos adatot minden három másodperc után

A dátumot a CORES nem küldi, az a további feldolgozás során kerül hozzáadásra, az időt küldi pirossal jelölve, az üzemmód C1 kékkel és a keret számát, amely az értéke minden csomagban nő, zöld. A C1 utáni 36 bájt tartalmazza a CORES által mért események adatait. Értelmezésük és kiértékelésük a fizikus kollégák feladata. Az általam fejlesztett fedélzeti számítógép a CORES adatait kiegészíti a dátummal és a csomagokat tárolja további feldolgozás céljaira.

10-Nov-2004 12:43:53 Science Pkt: 01 29 02 02 - 00 01 00 00 C1 01 00 00 00 20 1F 1E
1D 1C 1B 1A 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 0F 0E 0D 0C 0B 0A 09 08 07 06 05 04 03
02 01 - 03

10-Nov-2004 12:43:56 Science Pkt: 01 29 02 02 - 00 02 00 02 C1 02 00 00 00 20 1F 1E
1D 1C 1B 1A 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 0F 0E 0D 0C 0B 0A 09 08 07 06 05 04 03
02 01 - 03

10-Nov-2004 12:43:59 Science Pkt: 01 29 02 02 - 00 03 C1 01 C1 03 00 00 00 20 1F 1E
1D 1C 1B 1A 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 0F 0E 0D 0C 0B 0A 09 08 07 06 05 04 03
02 01 - 03

10-Nov-2004 12:44:02 Science Pkt: 01 29 02 02 - 00 04 00 00 C1 04 00 00 00 20 1F 1E
1D 1C 1B 1A 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 0F 0E 0D 0C 0B 0A 09 08 07 06 05 04 03
02 01 - 03

LP1, LP2 Langmuir probe és a DP1, DP2 Úrhajó potenciál monitor

Az LP/DP műszerek digitális interfészének felépítése azonos. A legfontosabb jellemzőiket, amelyeket a fedélzeti számítógép fejlesztésénél figyelembe kellett venni, az alábbiak voltak:

a) a soros vonaton küldött adatcsomagok struktúrája az alábbi

00	Adatcsomag kezdete (SOH (=1) start of packet)
01	Adatcsomag hossza (Length of data(n-1))
02	Üzenet típusa (Message type)
03	Az adatok ezután a bájt után következnek STX (=2) start of data
04	Adatbájt Data bytes
....	Adatbájt Data bytes
n+4	Adatbájt Data bytes
n+5	Üzenet végét jelző bájt EOT(=03)

b) az üzenetek típusai az alábbiak lehetnek,

- 01 HK (housekeeping) adat küldését jelzi,
- 02 tudományos adat küldését jelzi,
- 81 HK adatot küld, de jelzi, hogy a következő csomagban tudományos adatot küld a szenzor
- 82 (more science) további tudományos adat, a következő csomagban további mérések adatait küldi a szenzor

c) További üzenet típusok

- 04 Működési mód beállítása (Set Operation mode)
- 05 Paraméter értékek beállítása (Set parameters values)
- 84 Működési mód beállítás (Set Operation mode indicates science)
- 88 Paraméter értékek beállítása (Set parameters values (indicates science))

d).üzenet csomagok a DACU egységtől a szenzor egység felé

Nagysebességű üzemmód beállítása (Activate Global Mode) 01 00 04 02 mode_byte
03

Mérési paraméterek beállítása (Set Experiment Parameter) 01 01 08 02 parameter
byte 03

HK csomag kérése (Request HK packet) 01 05 01 02 [GMT{ymdHMS} 6 bytes] 03

Tudományos adat kérése (Request Science packet) 01 00 02 02 0x20 03

A c), d) pontban felsorolt parancsok az LP/DP szenzorok működésével kapcsolatosak. Ezeket a földi irányító központ küldheti fel vagy a világűrben működő számítógép időzítve adhatja ki. Beállíthatóak üzemmód, ADC felbontás, valamint tracing az adatok követése. Az LP/DP műszerektől érkező adatokat tároltuk és továbbítottuk, a vezérlésük, a mért adatok kiértékelése és tudományos feldolgozása a bolgár és orosz kutatócsoportok feladata.

Az LP és DP műszerek alapüzemben 1 Hz-es frekvenciával, gyorsabb üzemre váltva 200 Hz-es frekvenciával végeznek méréseket és adattovábbítást.

A CWZ-1 (4), CWZ-2 (4) és DFM1 (11) szenzorok kimenetei $\pm 2V$, illetve $0V - +5V$ tartományba eső analóg jelek, amely analóg jeleket az általunk fejlesztett fedélzeti számítógép digitalizálja.

CWZ-1, CWZ-2 (Combined Wave Sensor) az ionoszférában a mágneses térerőt (B), elektromos áramsűrűséget (I), az elektromos potenciált (E) és a szenzor elektronika hőmérsékletet (T) méri. Kimenete analóg.

A teszt programok fejlesztése során a CWZ szenzorok eltérő neveken is szerepelnek, CWZ, CWZ-1, CWZ-WP, Ennek az a magyarázata, hogy fejlesztők több alkalommal megváltoztatták a szenzorok jelölését.

A DFM1 és a DFM2 megnevezését tekintve mindkét műszer fluxgate magnetometer, de ez a két műszer a bolgár fejlesztésű műszerekkel ellentétben nem

azonos interfész felületekkel rendelkeznek. A DFM1 a moszkvai Űrkutatási Intézetben, a DFM2 pedig a Lvovi LC ISR-ben (Lviv Centre of Space Research) készült.

A DFM1-nek az illesztés szempontjából fontos jellemzője, hogy:

a DFM1 a mágneses paramétereket összesen tizenegy csatornában méri. Ezek a paraméterek a Bxdc, Bydc, Bzdc, Bxac, Byac, Bzac, B50, B100, B150, B400, B800.

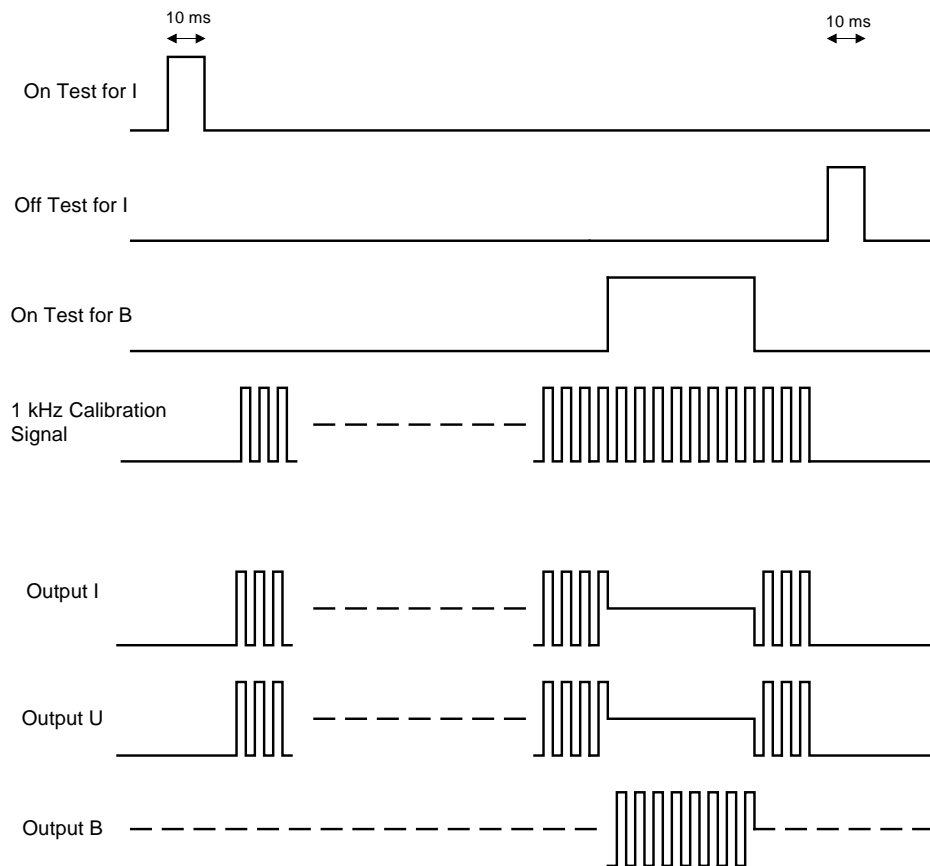
A műszer a mágneses jellemzők egyenáramú és váltóáramú komponenseit, illetve ezek bizonyos frekvenciájú felharmonikusait méri. Az adatokat analóg adatként kapjuk, digitalizálásuk a megfelelő pontossággal az általam fejlesztett számítógép feladata volt.

A CWZ-1-től és a DFM1-től érkező analóg jeleket közös kártyán fogadjuk, mivel ez a két szenzor azonos mérőágban található a CWD1-ben, a CWZ-2 működése hasonlóan történik a CWZ-1-hez. A két kártyától érkező jelek fogadására és digitalizálására egy 16 analóg bemenettel rendelkező ADC (analóg-digitál konverter) kártyát használunk. A jelek digitalizálása a szenzorokat tervező csoportokkal megbeszélve történik. CWD1 ágból érkező jelek első négy tagját, amely a CWZ-1-től érkezik, illetve a CWZ-2 szenzortól érkező jeleket két üzemmódban fogadjuk. Az első neve „scan” üzemmód, a másodiké „burst”. SCAN üzemmódban a CWZ-1 és CWZ-2 jeleit 800 Hz-cel mintavételezzük, egy másodperces átlagokat képezünk, továbbá a mért értékek és az átlag négyzetes eltérését számoljuk. Scan üzemmódban adattömörítés kerül végrehajtásra, az egy másodperces átlagok és a négyzetes eltérések kerülnek továbbításra.

A burst üzemmód indítását a SAS3 műszer kezdeményezi Ethernet kapcsolaton keresztül a fedélzeti adatgyűjtő számítógéptől. A SAS3 ekkor olyan mintát talál, amely környezetében nagy sebességű tárolást igényel. Burst üzemben a CWZ-1 első három csatornájának a mintavételezése 16,67 kHz-re vált, a CWZ-2-é 100 kHz-re és ennek a burst tárolásnak az időtartama 10 másodpercig tart. A burst üzemben az adatok tömörítés nélkül kerülnek tárolásra.

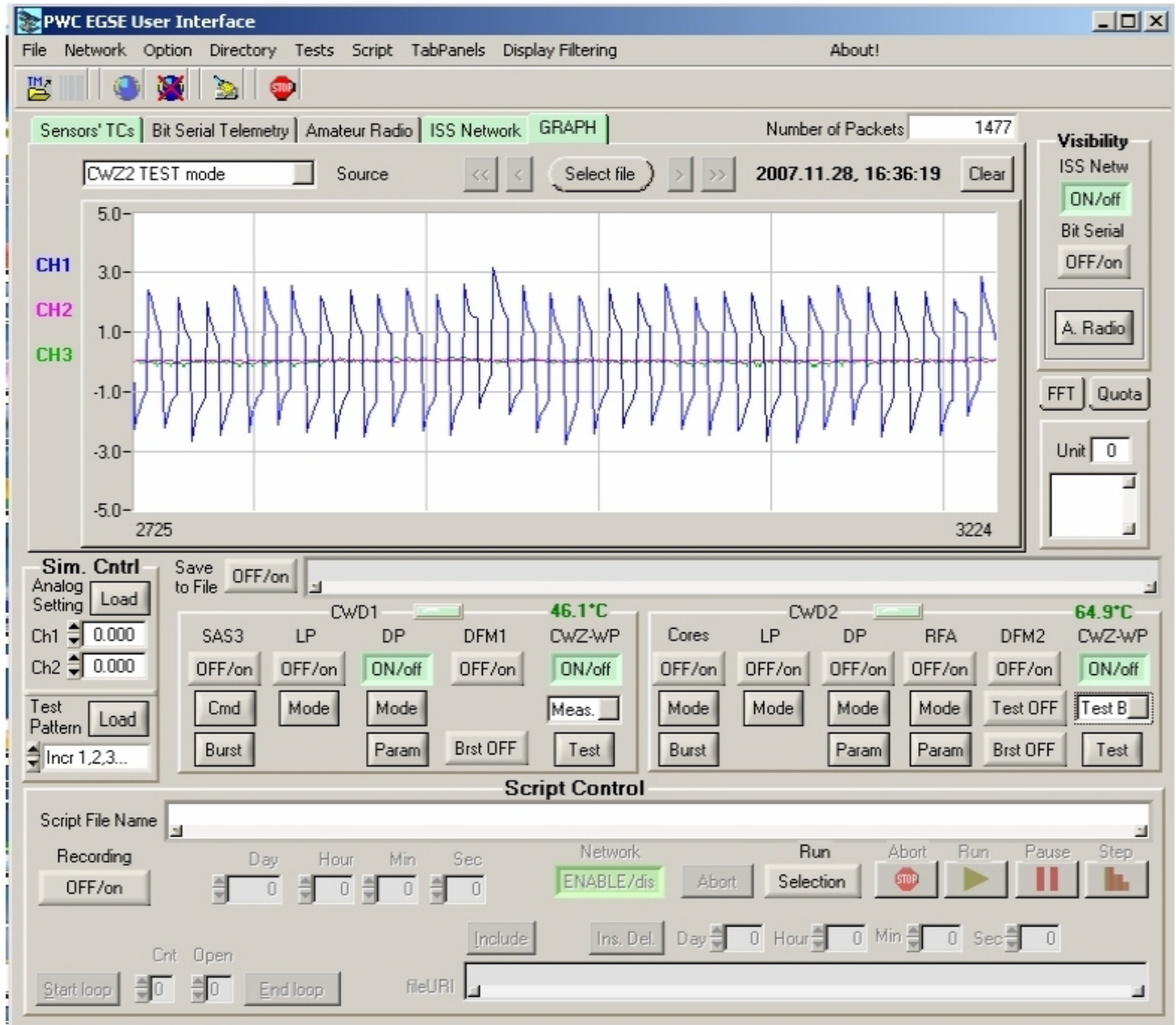
A CWZ-1 és CWZ-2 teszt üzemmódokkal rendelkezik, amelyben a B és I szenzor működése tesztelhető. (A B szenzor search coil-t használ, az I szenzor egy hengerpalást két része között méri a plazmában folyó áram hatására kialakuló feszültségkülönbséget, az E szenzor a rögzítési pont és a CWZ érzékelője közti potenciál különbséget méri.) A B szenzor tesztelése egy segédtekercsre adott 1 kHz-es jel mágneses hatásának mérésével történik, az I szenzor tesztelése a hengerpalást két részére adott feszültség értékének mérésével valósul meg.

A CWZ-1 és CWZ-2 szenzorok teszt üzemmódját egy 1 kHz-es frekvenciájú 0 - +5 V-os jelnek a CWZ-re kapcsolásával valósítjuk meg.



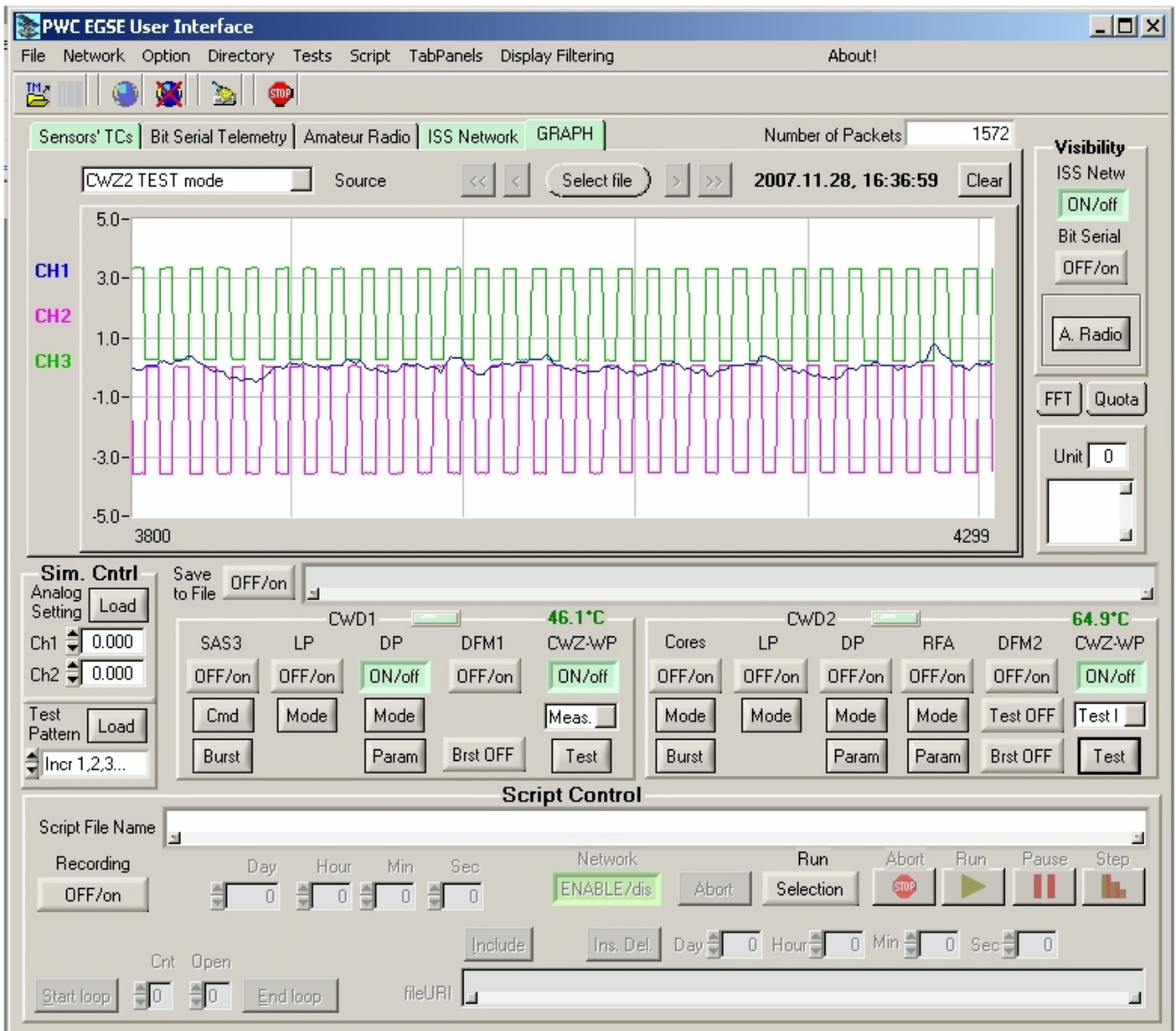
1. ábra. A CWZ szenzor teszt üzemmódjának jelalakjai

A beépített tesztüzem (1. ábra.) célja, hogy az eszköz működőképessége ellenőrizhető legyen, a csatlakozóra adott külső 1 kHz-es jelre megvizsgálható legyen az egyes szenzorokon megjelenő jel. A teszt üzemmód bekapcsolásához az áramérzékelőt átkapcsoljuk mérésről tesztüzemre, amely átkapcsolja az árammérő szenzor bemeneteit a tesztbemenetekre. Az „On Test I” és „Off Test I” jelek belső multiplexert működtetnek a CWZ szenzorban, amely a külső mérendő jelet vagy az 1 kHz-es teszt jelet kapcsolja az I és U jeleket mérő csatornákra. Az egyszerű teszt repülés közben is elvégezhető, alkalmas a működőképesség közelítő kiértékelésére alkalmas és segítségével megbecsülhető az erősítés, illetve a frekvencia átvitel is.



2. ábra. Az EGSE-re fejlesztett tesztprogrammal a CWZ B szenzorának tesztelése.

Az 2. ábra bal felső sarkában van feltüntetve a beállított tesztüzem neve, a CWZ2 TEST mode. Az ábra közepén CWD1 és CWD2 a két konténer jelzi, ez a működést biztosító két szállító doboz neve, amelyekben a processzor hőmérséklete a fotó készítésekor 46,1°C illetve 64,9° C. A bekapcsolt szenzorok zölddel jelölve a DP (Digital Potentiometer), CWZ-WP az egyes konténerben és a CWZ-WP a kettes konténerben működik. Az egyik konténerben lévő szenzor CWZ1, a kettesben lévő CWZ2, amit tesztelünk. A B indukció mérésében külső zavaró hatás érzékelhető, a miatt ingadozik enyhén az alapvonalhoz képest, ami az elektromos hálózat zavaró hatása. A tetőesést a DC és az alacsony frekvenciájú komponens levágása okozza.



3. ábra. Az EGSE-re fejlesztett tesztprogrammal a CWZ-2 I szenzorának tesztelése.

A 3. ábrán a CWZ2 teszt módban működik, amely az ábrán a bal felső sarkában jelenik meg. A CWZ-2 I szenzorán látható jelet látjuk, a rákapcsolt 1 kHz-es vizsgáló jelre adott válaszként.



4. ábra. Az EGSE-re fejlesztett tesztprogrammal a CWZ-1 vizsgálata burst üzemmódban.

A 4. ábrán a CWZ1 burst teszt módban működik, amely az ábra bal felső sarkában látszik. A CWZ1 ágban a processzor hőmérséklete $35,9^{\circ}\text{C}$ volt a mérés végzéskor. Burst üzemmódban az analóg-digitál konverter mintavételi frekvenciája 50 kHz. A mérés során a piros jellel jelölt áramérző nem teszt, hanem normál üzembe volt kapcsolva és a vizsgálat egyik célja az volt, hogy a B és U jelek hatása okoz-e interferenciát az áramszenzor működésében. Az ábrán vizuális kiértékeléssel interferencia nem látható. A mérés során a B mágneses indukción jelentős külső zavaró jel is jelen volt, amely a B jel amplitúdójának mérési tartományát periódikusan módosította.

A CWD1 mérőágban található DFM1 csatornáinak a mintavételezése különböző mintavételezési sebességgel történik,

- Bxdc, Bydc, Bzdc csatornáké 2 Hz-cel,
- Bxac, Byac, Bzac csatornáké 32 Hz-cel,
- B50, B100, B150, B400, B800 csatornáké pedig 1 Hz-cel történik.

A DFM1 csatornáit analóg formában kapjuk meg, a digitalizálásuk az általam fejlesztett fedélzeti számítógép feladata.

A DFM2-nek az illesztés szempontjából fontos jellemzői:

A DFM2 RS-232-es interfészen keresztül kommunikál 38,5 kbaud sebességgel.

A DFM2-től érkező adatok formátumát az alábbi táblázat adja meg:

Bájt index	Megnevezés	Érték
1	Start bájt	FFh
2	1. adat bájt	24 bites szó felső bájtja – X csatorna adata B_{DC-X}
3	2. adat bájt	24 bites szó középső bájtja – X csatorna adata B_{DC-X}
4	3. adat bájt	24 bites szó alsó bájtja – X csatorna adata B_{DC-X}
5	4. adat bájt	24 bites szó felső bájtja – Y csatorna adata B_{DC-Y}
6	5. adat bájt	24 bites szó középső bájtja – Y csatorna adata B_{DC-Y}
7	6. adat bájt	24 bites szó alsó bájtja – Y csatorna adata B_{DC-Y}
8	7. adat bájt	24 bites szó felső bájtja – Z csatorna adata B_{DC-Z}
9	8. adat bájt	24 bites szó középső bájtja – Z csatorna adata B_{DC-Z}
10	9. adat bájt	24 bites szó alsó bájtja – Z csatorna adata B_{DC-Z}
11	10. adat bájt	16 bites hőmérséklet felső bájtja
12	11. adat bájt	16 bites hőmérséklet alsó bájtja

2. táblázat. A DFM2 interfész felületén küldött adatcsomag szerkezete.

Amint a 2. táblázat mutatja a DFM2-től érkező adatcsomag a Start bájt után 11 adatbájtot tartalmaz. Ezek közül kilenc bájt tartalmaz tudományos adatokat, kettő pedig a szenzor hőmérséklete, aminek a továbbítása a kiértékelés során a hőmérsékleti értékekkel végzett kalibrációhoz szükséges. A DFM2 45 és 46 Hz közti frekvenciával méri a mágneses adatokat, a mérés során 1 másodperces átlagokat továbbít a fedélzeti számítógép tárolásra és további feldolgozásra.

A DFM2 adatforgalmának vezérlése az RS-232 interfészen

Miután a DFM2 a táplálást megkapja, 1 másodperc múlva kezd működni és kezd adatokat továbbítani. Kétféle üzemmóddal rendelkezik teszt be és teszt ki. A parancsok formátuma: „Teszt be” 42H, „Teszt ki” 48H. A sikeres átkapcsolás után küldött első adatcsomag utolsó bájtja az átkapcsolási parancs inverze, „Teszt be-”nél 0BDH, „Teszt ki” 0B7H. A teszt üzemmódban egy a szenzorba beépített tekercsre áramot kapcsol, amely a háttérben mérhető mágneses teret megemeli. A mért érték 5-7 μ T-vel növekedik meg a környezethez képest.

SAS3 (Signal Analyzer and Sampler)

A SAS3 a hullámmérések központi műszere, ide futnak be a CWZ-1, CWZ-2 antennáinak a jelei és a magnetométerek által mért jelek. A SAS3 digitális jelfeldolgozó egységet tartalmaz. A beérkező jeleket frekvenciatartományban vizsgálja, a beérkező jeleken Fourier transzformációt végez, miközben folyamatosan számolja a zaj háttérét minden csatornán. A kapott spektrumok alapján a háttérzajból kiemelkedő jelenségeket kategorizálja, azonosítja. Az azonosítás után a speciális jelenségeket időtartományban történő feldolgozás, értékelés céljából eltárolja és a telemetria rendszeren továbbítja.

A SAS3 normál üzemmódban illetve gyorstárolás esetén programozható számú adatot küld továbbításra az Ethernet buszon a telemetria felé.

A SAS3-tól előzetesen tervezett leküldött adatok a következők voltak:

monitoring adat (256 pontos FFT spektrum percenként)

771840 byte / napi adat

eseményhez kötött nagy sebességű adat hullámforma 425 Kbyte alkalmanként 61.310 Mbyte /

státusz adat (óránként 1db) 12432 byte / nap

A fenti számok a SAS3 által generált adatok, ezekhez még jön a CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) fejléc (Függelék 2. A TM és TC csomagok formátuma). A napi átlagos adatmennyiség 70Mbyte/nap nagyságrendben becsülhető a SAS3-nál.

RFA (Radio frequency analyzer) kísérlet: a

RFA kísérlet 19200 Baud-dal kommunikál az RS422-es interfészen keresztül. A megoldandó feladatok az RFA üzemmódjaink vezérlése, antennáinak nyitása és az RFA-tól érkező tudományos és housekeeping adatok fogadása,

Event mode (eseménymód): erre az üzemmódra a SAS3 által küldött kérésre tér át a rendszer, ha az adatok között „érdekes” mintát talál. Egyes szenzoroktól ekkor gyorsabb adattárolásra kapcsol át a rendszer.

Power Good (táp jó jel) a fedélzeti számítógép feladatai közé tartozik az egyes szenzorok áramellátásának biztosítása és ennek visszajelzése, a szenzoroktól érkező ún. Power Good jelek továbbítása a fedélzeti telemetria felé.

2.2 A fedélzeti telemetria csatornák bemutatása

A nemzetközi űrállomásról a mérési adatokat két különböző adatcsatornán küldik le a Földre. A központi telemetria csatorna kapacitása korlátozott, és ezen az űrhajó működésével kapcsolatos alapvető adatok, az űrhajósok egészségi állapotának monitorozásából származó adatok, más kísérletek által előállított adatok továbbítása is történik, az Obszhanovka kísérlettől érkező mérési adatoknak csak kis része küldhető le a központi telemetria csatornán földi parancsra. Ehhez a csatornához 10 MHz-es Ethernet interfészen át történik az adatátvitel UDP protokollal.

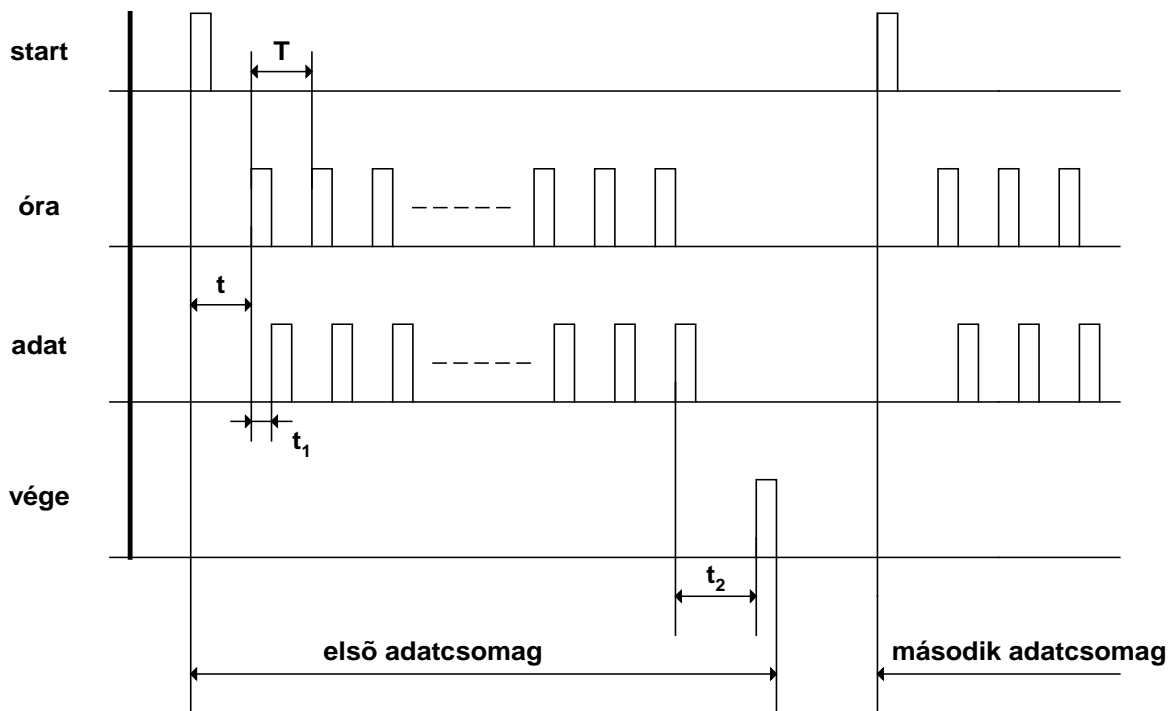
A kísérlet ezen kívül használja a BITS nevű csatornát, de ennek a láthatósága korlátozott, mivel a földi vevőállomások Oroszország területén találhatóak.

A fedélzeti telemetria csatornák:

- 10 MHz-es Ethernet csatorna, amelyen parancsok érkezek, illetve adatok továbbítása lehetséges
- Lassú Tudományos Telemetria Interfész (BITS), speciális soros adatátviteli csatorna

A BITS csatorna láthatósága az Oroszország területén található földi vevőállomásokról másfél óránként kb. 15 perc.

Start impulzus, adatcsomag kezdete; óra impulzus, ehhez szinkronizálva érkezik az adatok; adat soros adat, értéke 1 vagy 0 lehet, vége jel, egy 1024 bites adatcsomag végét jelzi.



adatcsomag $8 \times 128 = 1024$ bit órafrekvencia f_{ck} 60 kHz és 120 kHz között

$T = 1/f_{ck}$ $T < t_2 < 2T$ $0,2T < t_1 < 0,5T$ start után első órajel $10\mu s < t < 480\mu s$

5. ábra. A BITS csatorna idődiagramja

A BITS [29] csatorna (5.ábra.) soros adattovábbítási lehetőséggel rendelkezik, amelyek közül a rádió láthatóság alatti adatátvitelt használjuk. Ez a kapcsolat a BITS csatornán érkező **START** jelre indul. Az adatátvitel 128 bájtos csomagokban történik, amit 128 bájtos adatcsomag kezdetét jelző **start**, **óra** és a csomag végét jelző **vége** jel kíséri.

Az óra, adat, vége jelek paramétereit:

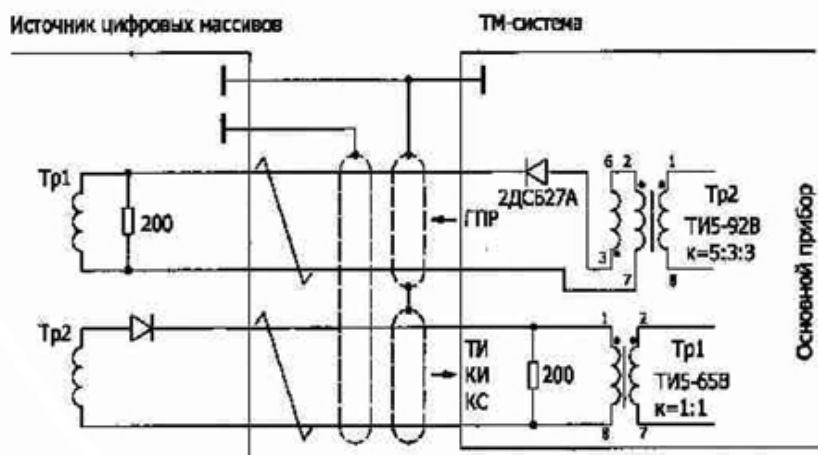
- Amplitúdó 8-10 Volt
- Pulzus időtartam 1-4 μs
- Pulzus felfutása 0,6 μs
- Pulzus lefutása 1,0 μs
- Amplitúdó a bemeneten fennáll legalább 2,0 μs
- Bemenő ellenállás $200 \pm 40 \text{ Ohm}$
- Kitöltési tényező 4,0

A start jel paramétereit:

Amplitúdó	7-10 Volt
• Pulzus időtartam	$2,5 \pm 0,5 \mu\text{s}$
• Pulzus felfutása	0,5 μs
• Pulzus lefutása	1,0 μs
• Amplitúdó a kimeneten fennáll legalább	0,5 μs
• Bemenő ellenállás	$180 \pm 10 \% \text{ Ohm}$
• Bemenő kör kapacitása	150 pF
• Tápellátás kapacitása	1000 pF

Az impulzusok kezdő éle a 3,5 V-ot 0,5 μs alattéri el. A pulzusok időtartama 0,5U-nál kezdődik, a kezdő él meredeksége 0,1 és 0,9U szint között van számítva.

Az orosz fél eéírta a BITS-től érkező jelek átvitelének áramköri megoldását. A kapcsolási rajzon, (6. ábra) látható speciális orosz transzformátorok viszik át a galvanikusan leválasztott jeleket. Kommunikációs előírások: minden vonal két-vezetékes, galvanikusan leválasztott a forrás és vevő ТИ5-92 transzformátorral. A kommunikációs vonalak külön-külön földeltek és a galvanikusan elválasztottak a külső és belső földek. A ház és az egyes jelföldek a csatlakozó különböző pontjaira kapcsolódnak.



6. ábra. A BITS interfészének be és kimeneti áramköre.

Az OMTS rendszer [30]

A fedélzeti vezérlés rendszere tartalmaz egy a működést ellenőrző rendszert (OMTS Onboard Monitoring Telemetry System), amely a működéssel kapcsolatos kiválasztott információk analóg fogadására alkalmas. Ez a rendszer hat analóg jelet fogad az Obsztanovkától. Ezek az ATM1, ATM2, ATM3, ATM4, ATM5, ATM6 jelek. Az ATM1-ATM6 tartománya 0V és +6,5V között változhat és ezeket a jeleket 0,5 és 50 Hz közti frekvenciával mintavételezi a fedélzeti ellenőrző rendszer. Minden ATM vonalon három bit továbbítható, a bitek értékeinek analóg összeadásával, amelyek magas szintje 3,2V (Bit 3), 1,6V (Bit 2), illetve 0,8V (Bit 1) lehet.

Bit	ATM1	ATM2	ATM3	ATM4	ATM5
1	LP (DACU1)	DFM1	LP (DACU2)	DFM2	DACU1
2	DP (DACU1)	SAS3	DP (DACU2)	CORES	DACU2
3	CWZ-WP (DACU1)		CWZ-WP (DACU2)	RFA	

3. táblázat. Az OMTS analóg telemetrián küldött housekeeping adatok kódolása

Az OMTS rendszer a megadott 3. táblázat szerint kódolva fogadja az Obsztanovka rendszer egyes elemeinek tápellátására vonatkozó információt. Azaz ha a DACU1, DP1 és LP1 be van kapcsolva, akkor az ATM1-re 3,2V+1,6V+0,8V összesen 5,4 V-os feszültséget küld ki az Obsztanovka berendezés. Ha pld. a SAS3 be van kapcsolva, de a DFM1 nem, akkor az ATM2 értéke 1,6 V.

A táblázatban megadott analóg vonalakon kívül további bitenként beolvasott információkat is használ az OMTS rendszer. Ezek a megfelelő csatlakozók összekapcsolását, az antennák kinyitását jelzik vissza.

Amatőr Rádió Csatorna

Az Amatőr Rádió Csatorna (Amateur Radio Channel ARC) [30] ahogy a név jelzi, olyan rádió csatorna, amelyen érdeklődők léphetnek kapcsolatba az űrhajósokkal, és kaphatnak adatokat az orosz űrhajókról. A fedélzeten ezt a csatornát egy laptop számítógép (AMR) vezérli, amely a kijelölt fájlokat elküldi az amatőr rádió csatornának továbbításra. Ez a laptop ftp szerverként működik, Ethernettel csatlakozik az Obszatanovkához. Az IP címe: 192.168.0.5.

Az Obszatanovka minden kísérlettől adatokat gyűjt, amelyeket óránként eltárol. Egy-egy fájl maximális hossza 50 Kb-ot. Ezeket a fájlokat továbbítja az AMR ftp szerverének. A fájlok kiterjesztése az ftp szerveren „.dat” vagy „.old” lehet. A legújabb dat, a korábbi old. A fájlok neve hat karakterből és alulvonásból áll a következő minta szerint: CORES_.old vagy LP1____.dat.

2.3 A fedélzeti számítógép feladatai

Az általam kifejlesztett fedélzeti számítógép az alábbi feladatokat látja el:

- az ISS fedélzeti vezérlésétől, Ethernet-buszon érkező utasítások és adatok (idő, koordináta) fogadása,
- a fedélzeti energiaellátást műszerekre juttatása, azokat ki/bekapcsolni és a működésüket vezérelni,
- a további kiértékelésekhez a tizenegy érzékelő felől érkező mérési adatok tárolása.

Számos űrkutatási missziónál előírás a Rad Hard (sugárzásálló alkatrészek) használata. Pld. a Rosetta misszió leszállóegységében sugárzásálló Harris RTX2010 processzor került alkalmazásra, aminek az ára jóval meghaladta a 10 ezer dollárt és a redundancia biztosítására két processzor került beépítésre [50], [51]. Az Obsztanovkánál nem volt előírás a sugárzásálló alkatrészek használata [30].

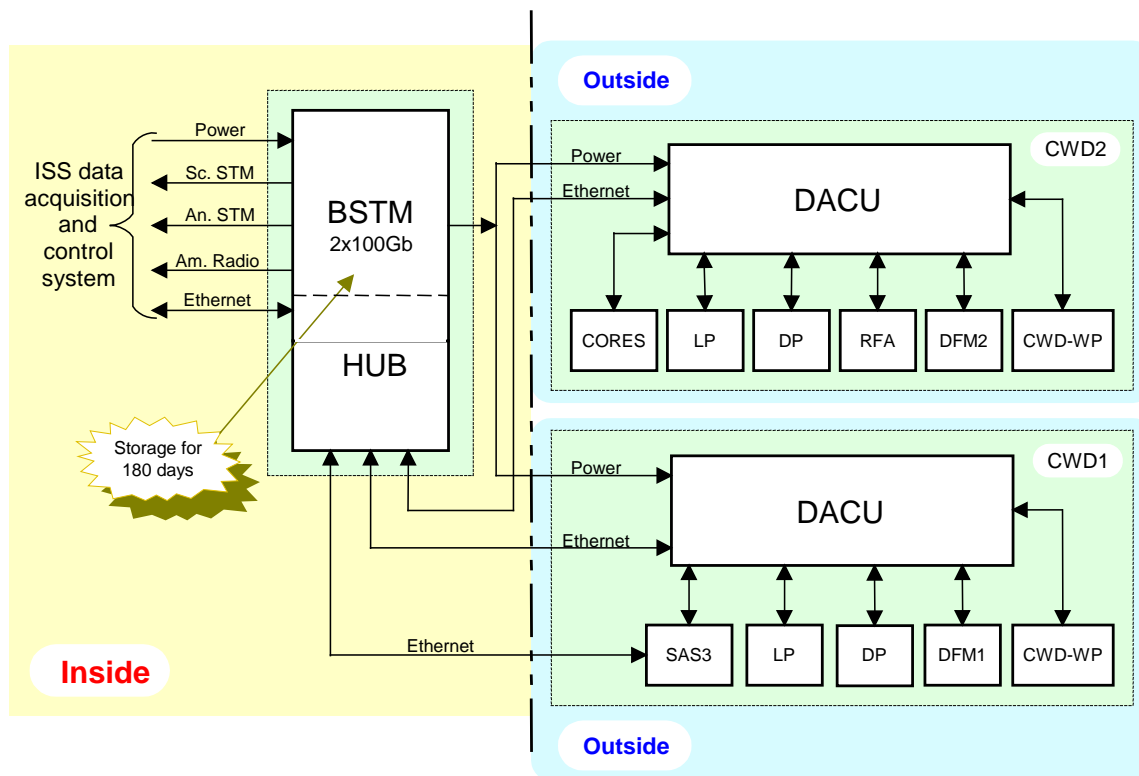
A feladat megoldása során az űrbéli alkalmazás miatti fokozott megbízhatósági igényeket is teljesíteni kell. A tömeg, a méret és a teljesítményfelvétel korlátozott, ugyanakkor egy űrkutatási berendezésnek extrém körülményeket kell elviselnie, fokozott mechanikai igénybevételt (az indítás során fellépő rezgést, gyorsulást) és üzemelnie kell vákuumban széles, ingadozó hőmérsékleti tartományban (-40°C -től $+80^{\circ}\text{C}$ -ig) [30].

Olyan architektúrát dolgoztam ki, amely a kis súly és fogyasztás mellett, ha nem is a számítógépek megkettőzésével, de bizonyos fokú redundanciát, megbízhatóság növekedést visz be a rendszerbe. A redundanciát azzal értük el, hogy a szenzorok két csoportját külön számítógépes egység fogadja és vezérli. A szenzorok két csoportja egymástól galvanikusan elválasztott, ami csökkenti a két mérőág közti zavarjelek átvitelét. A fedélzeti számítógép ISS belsejében működő részegysége „védett” körülmények között működik, nem a világűrben, ezért ezt az egységet nem kettőztem meg. A világűrben működő külső egységeknél meghibásodás esetén megtörténhet a két mérőág egyikének részleges vagy teljes kiesése, ami azonban nem jár a tizenegy szenzortól érkező összes adat teljes elvesztésével. A későbbiekben bekövetkezett két meghibásodás ezt az elrendezésben követett elvet igazolta.

A fedélzeti adatgyűjtő és vezérlő számítógép fejlesztése során több lehetőséget megvizsgáltam [47] és a PC/104-Plus [31] buszhoz csatlakozó kártyák alkalmazását választottam. A PC/104 és PC/104-Plus kártyák mérete 95,9x90,2 mm és az iparban széleskörűen alkalmazzák. A kártyák kedvezően kisméretűek. Egy kártya tömege a rajta elhelyezett hardverrel együtt 100-120 gramm körül van. A PC/104 és PC/104-Plus működése kompatibilis az ISA PC illetve az PCI busszal. A széleskörűen alkalmazott busz választása az előírt specifikációkat és ajánlásokat követve megkönnyíti a további interfészek illesztését, a kompatibilitás az IBM által fejlesztett PC-ékkal ami a szoftverfejlesztést támogatja. Az a körülmény, hogy számos gyártó kínál a PC/104 buszhoz processzor kártyát, amelyek közül a projekt céljaira alkalmasat választottam, a projekt megvalósítása során jelentős előnnyel bír, egy néhány száz MHz órajel frekvenciával működő processzor kártya fejlesztése, amel számos interfész felületet, busz illesztőt tartalmaz jelentős fejlesztési kapacitást igényelne.

A PC/104 busz vezérlésére számos gyártó az AMD GEODE [32] processzorait alkalmazta az Obszhanovka fejlesztésének indulásakor. Ezzel a kis fogyasztású processzorcsaláddal a kártyák tipikus teljesítményfelvétele kedvezően alacsony, 5 Watt, a processzor óráfrekvenciája pedig a kiválasztott megfelelő interfész felületekkel ellátott kártyánál 300 MHz. A GEODE processzorok Intel kompatibilisek, amelyek között gyártanak kiterjesztett hőmérsékletű tartományban (-40°C -tól $+80^{\circ}\text{C}$ -ig terjedő) üzemképeseket és az AMD chipsetje támogatja a PC/104 és PC/104-Plus kártyák alkalmazását. A buszt vezérlő processzorkártyát külső szállítótól szereztük be, ezáltal a rendszer fejlesztési idejét rövidítettük le. A processzorkártya a PC/104 és PC/104-Plus interfészeken kívül számos interfészt tartalmaz, ezek az EIDE, USB, Ethernet, RS232, RS422, SVGA, TFT szállítótól és típustól függően.

Az ipari kártyákat megvizsgáltam és a kényes alkatrészeket kicseréltettem olyanra, amely a [30] szerinti igénybevételi terheléseknek megfelelt.



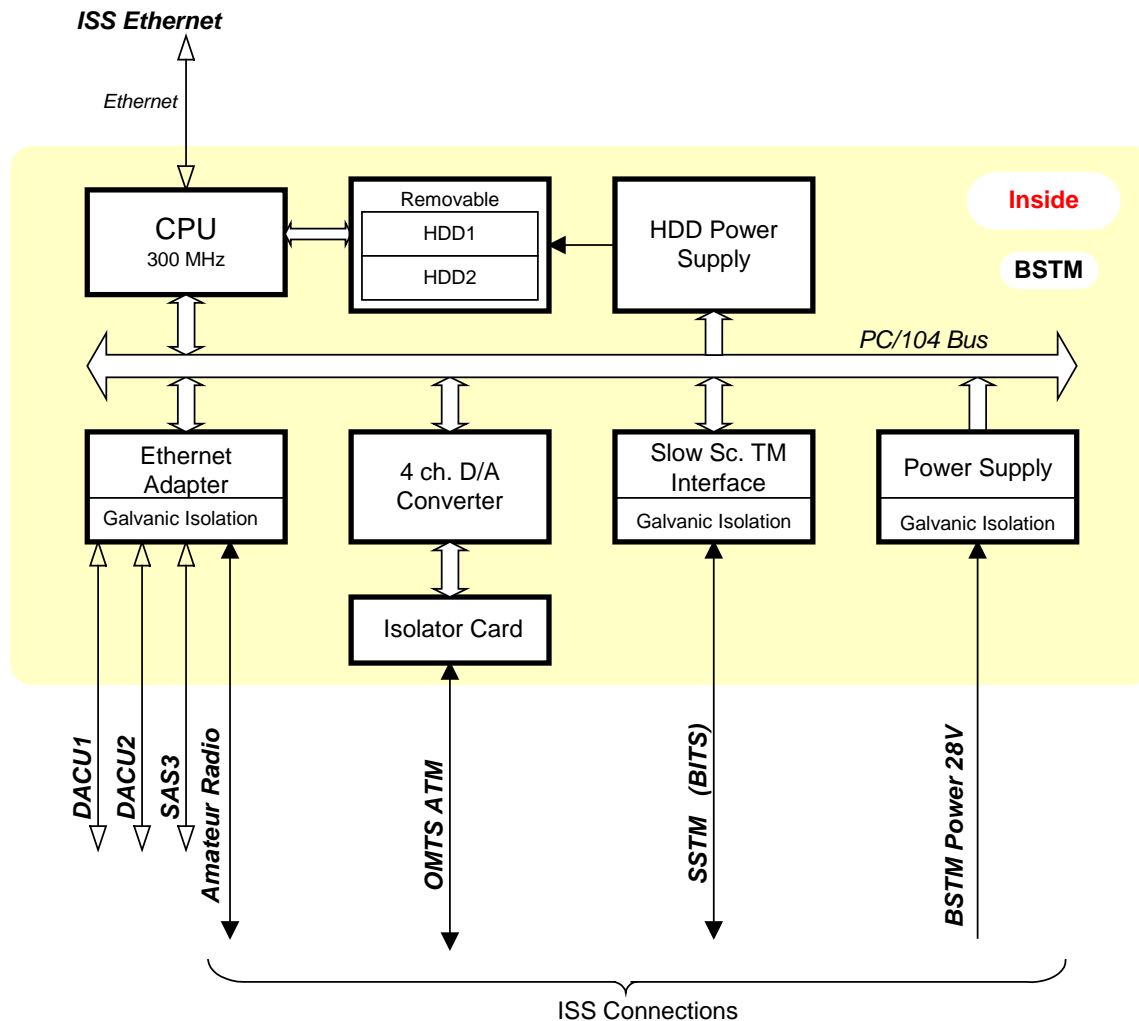
7. ábra. Az Obszhanovka blokkvázlata

Az Obszhanovka berendezés blokkvázlatát a 7. ábrán mutatom be. Egységeit a BSTM, DACU1, és DACU2 mozaikszóval jelöltük, az angol név rövidítése alapján. A központi adatfeldolgozó egység a BSTM (Block of Storage of Telemetry Information Unit) az űrhajó belső terében került elhelyezésre, ahol az űrhajósok tartózkodnak. Az űrállomás külső falára kerültek felszerelésre az űrhajósok által végzett űrséta során a DACU1 és DACU2 egységek (Data Acquisition and Control Unit). A világűrben méréseket végző műszerek a CORES, két LP, két DP, RFA, DFM1, DFM2, két CWD-WP és a magyar fejlesztésű SAS3. A DACU egységek az általuk fogadott mérést végző műszerekkel egy-egy konténerben kerülnek elhelyezésre. A

konténerek neve CWD1 és CWD2. A mérőműszerek egy része átmeneti tárolóval rendelkezik. Az egyes mérőműszerektől érkező adatmennyiség változó.

A BSTM és a DACU1, DACU2 egységek mindegyike tartalmaz egy-egy PC/104-Plus buszvezérlő kártyát. A BSTM és a fedélzet között, illetve a BSTM és a DACU-k között 10 MHz-es Ethernet-buszon történik a kommunikáció. Az Ethernet-buszon csatlakozik a BSTM-hez a SAS3 műszer is, alyen jelentős adatmennyiséget generál és azt csomagokban, „burst-ökben” továbbítja.

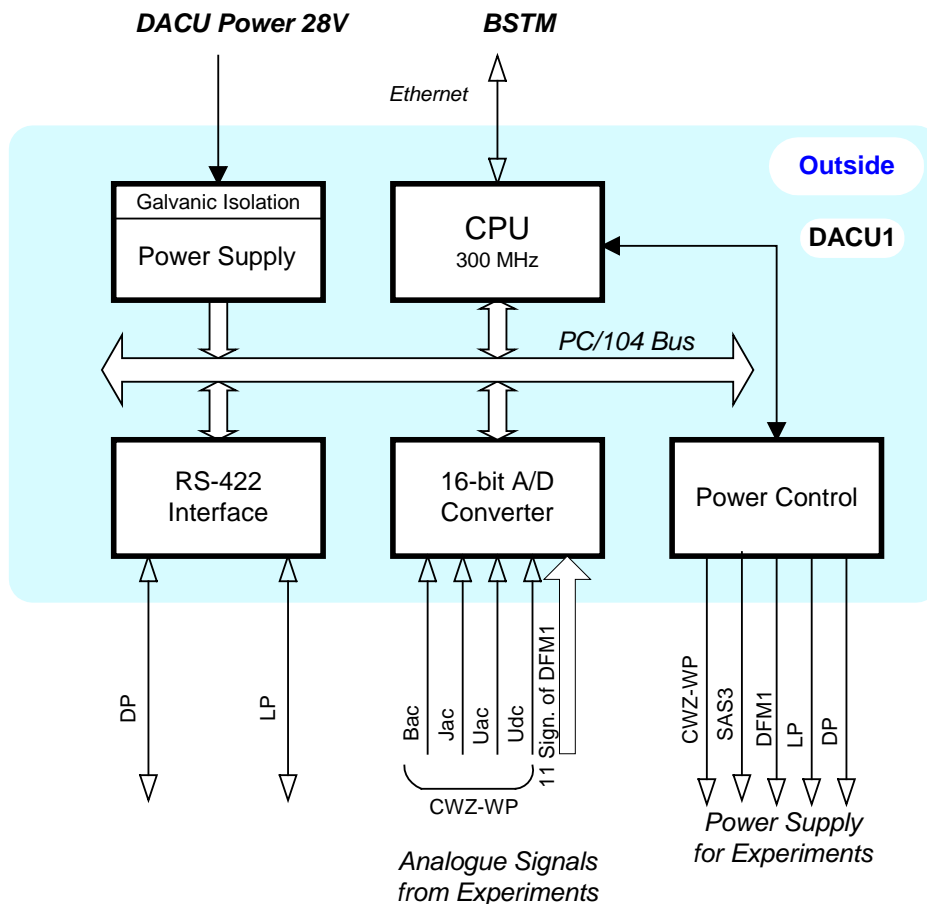
A többprocesszoros rendszer alkalmazásának szükségességét több körülmény indokolja. A két mérőágban elhelyezett műszerek a földhurkok és egyéb zavarok csökkentése érdekében külön-külön DC/DC leválasztott táplálást kapnak és egy közös vezérlő processzorkártya zajt csatolhatja át a két mérőág között. A processzorokat a két mérőágban érkező adatok feldolgozása változó intenzitással veszi igénybe és a több processzor alkalmazásával a legnagyobb terhelés esetén is elegendő számítási tartalékot biztosít a rendszer. A megbízhatóság is indokolta a két mérőágban a processzorok megkettőzését. Az egyik mérőágban keletkezett meghibásodás nem befolyásolja a másik mérőág működését.



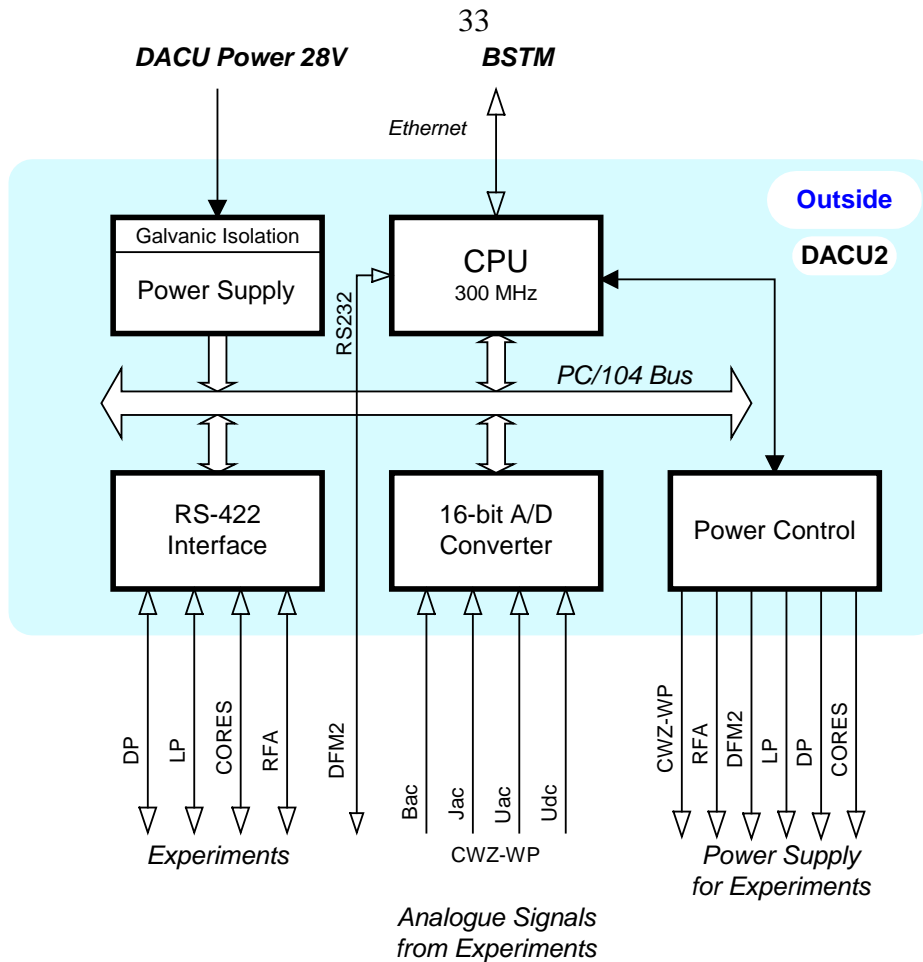
8. ábra. A BSTM blokkvázlata

2.4 A BSTM feladatai

A BSTM (8. ábra.) feladata, az ISS fedélzeti telemetriájával való kapcsolattartás és a mérési adatok tárolása. A fedélzetről az egyes műszerek be/kikapcsolásával és üzemelésével kapcsolatos parancsokat fogadja, az energiaellátást vezérli, két merevlemezen tárolja naponta lezárt fájlokban az egyes műszerektől érkező adatokat és az egyes műszerek működési állapotát, úgynevezett „housekeeping” adatokat (áramfelvétel, hőmérséklet, üzemmód, nyomásérték a CORES-ben, érzékelők kinyitott/bezsukott állapota stb.) továbbítja a fedélzeti telemetria felé. A BSTM lehetővé teszi esetleges szoftver módosítások letöltését. Mivel a Föld felé rendelkezésre álló kommunikációs csatornák kapacitását egyéb fedélzeti berendezések is foglalják, ezért az Obszhanovka által szolgáltatott nagy tömegű mérési adatot a merevlemezek cseréjével és azoknak az űrhajósoknak a Földre történő szállításával oldottam meg. A cserélhető merevlemezek kapacitása 2x200 GB.



9. ábra. A DACU1 blokkvázlata



10. ábra. A DACU2 blokkvázlata

2.5 A DACU egységek feladatai

A BSTM-től érkező utasításoknak megfelelően az egyes műszerek számára reléken keresztül történik az energia továbbítása, és a BSTM végzi a műszerek vezérlését, küld utasításokat és fogadja a mérési adatokat. A DACU-k (9. és a 10. ábra.) és a műszerek között egységes interfész felület kialakítása lett volna célszerű, de mivel az egyes érzékelő műszereket a fejlesztő csoportok korábban más kísérletekben is alkalmazták, többféle interfész felületen történt a szenzorok illesztése. A műszerek többségétől az adatokat soros RS-422 differenciális buszon fogadják a DACU-k. Az RS 422-t jó zavarvédelem jellemzi és mivel a buszon kis áramok folynak a kísérletek egymásra hatása nem számottevő. Néhány műszer a két CWD-WP és a DFM1 analóg adatokat szolgáltat több analóg kimeneten, amelyeket változó mintavételi sebességgel mintavételezik és a mért adatokat a DACU egységek digitalizálják. Az analóg adatok mintavételezést a DACU-k vezérlik az adatokban történő jelentős változásokat felismerve változó frekvenciával, néhány Hz-től 33 kHz-ig.

Az alkalmazott adatátviteli protokollt a feladat megoldásához az alábbiak szerint dolgoztam ki, aminek során törekedtem az egyszerűsége és az átláthatóságra, biztosítva a szenzorok vezérlését és az adatátvitelt. Az előzetes számítások szerint naponta 75MB adat kerül tárolásra a merevlemezekre. A DACU és a műszerek között alkalmazott adatátviteli protokoll a következő táblázatban megadott utasításokkal működik, a DACU egység kezdeményezi az adatátvitelt a műszer felé, amely a válaszában jelzi, ha tudományos adat rendelkezésre áll

Küldő	Kód	Funkció	Adat
DACU	01h	Housekeeping adatok kérése	Idő, dátum
Kísérlet	01h	Housekeeping adat, tud. adat nincs	Housekeeping adat
Kísérlet	81h	Housekeeping adat, tud. adat van	Housekeeping adat
DACU	02h	Tudományos adat lekérése	Nincs (00h)
Kísérlet	02h	Utolsó tudományos adat	Tudományos adat
Kísérlet	82h	További tudományos adat van	Tudományos adat
DACU	04h	Üzem mód beállítása	Műszerfüggő
DACU	08h	Paraméterek beállítása	Műszerfüggő

3. táblázat A DACU és a műszerek közti parancsok

A DACU a bekapcsolást követő 300 másodperc után kezd működni és rendszeres időközönként a műszerektől az állapotinformációt sorban lekérdezi. A műszereket az állapotadatok továbbítása mellett a válaszban jelzik, ha kéri tudományos adatok továbbítását.

Magát az alkalmazott teljes protokollt az általam készített angol nyelvű működési leírásból átvéve a Függelékben (Függelék 2. A TM és TC csomagok formátuma) mutatom be. A protokoll kidolgozásánál átvettem a CCSDS Consultative Committee for Space Data Systems szervezet ajánlását.

Néhány jellemző adat:

Műszer	Teljesítmény	Tömeg	Méret
BSTM	5-15 W	4,3 kg	230 x 228 x 134 mm
DACU1	5-6 W	2,3 kg	162 x 147 x 136 mm
DACU2	5-6 W	2,3 kg	162 x 147 x 136 mm

2.6 Az operációs rendszer

A BSTM és DACU egységeken a feladat adottságai és a követelményeknek történő megfelelése miatt real-time Linux operációs rendszert választottam. A választott operációs rendszernek SuSE 8.1 Linux az alapja. A hardverelemek előírt, illetve a mérések és adatgyűjtés alatt számított időzítések biztosítása fontos kritérium, a www.kernel.org honlapról egy letöltött real-time kernel, segítségével, melynek verziószáma 2.4.19 módosítva lett a Linux operációs rendszer. Az így kapott Linux operációs rendszer újra lett szerkesztve a rendszer minimalizálása céljából. Az előállított operációs rendszer csak a használt komponenseket tartalmazza, ami csökkentette a memóriafoglalást és megnövelte a szenzorok számára rendelkezésre álló memóriát. Céлом volt a szoftver minél egyszerűbbé, átláthatóbbá tétele. A nem használt komponensek elhagyása a megbízhatóságot növelte. Azokhoz a kártyákhoz, amelyeket az ipari gyártó Linux drájverrel szállított, a kész drájvert a kialakított real-time Linux környezethez módosítani kellett, hogy az adatátvitel például az analóg-digitál konverterek esetében kellően gyors legyen, valamint alkalmas legyen a rendszer burst üzemmódban 100 kHz-es mintavételi sebességgel továbbítani az ADC-éktől érkező tizenhat bites CWZ szenzorok adatait.

2.7 A szenzorok interfész felületei

Az egyes szenzorok jellemzőit, az igényelt teljesítményt, interfész felületeket, a fejlesztők által becsült napi adatmennyiséget, az alkalmazott interfészen az adatátviteli sebességet, a szolgáltatott housekeeping adatokat és egyéb követelményeket a függelékben 4.-ben az a. táblázatban foglaltam össze. A SAS3 műszer által bejelentett napi igény maximálisan 300 MB/nap lehet, de a táblázatban a tipikus kvóta értékét 1-50 MB között becsülték. A naponta tervezett adat mennyiségét illetően a kísérletezőkkel folyamatosan egyeztetéseket folytattam, és végül a napi kvóták értékére a táblázatban megadott becslést készítettem. Ezek előzetes értékek, a későbbiekben változtathatnak.

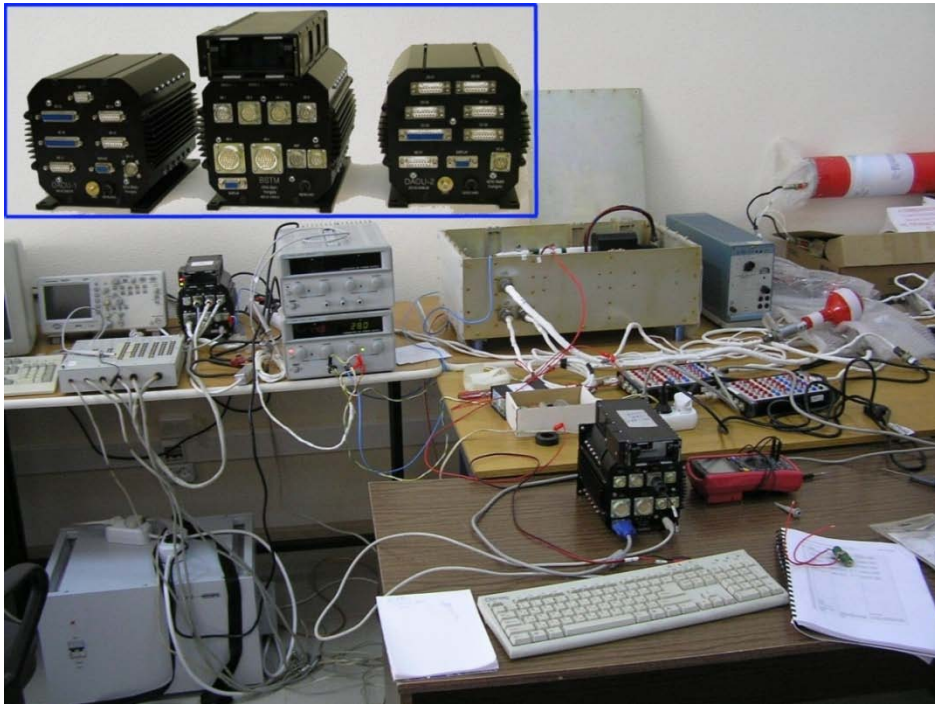
2.8 Az Obsztanovka berendezés bemutatása fotókon

Néhány fotó segítségével bemutatom az elkészült Obsztanovka berendezést, annak tesztelését és az űrséta során történt telepítését. A fotókon az elkészült berendezés (11. ábra.), a konténer egységek láthatók (12. ábra.), amelyekben a DACU egységek és a szenzorok a világűrben működnek.

A BITS interfész tesztelése során készített fotókkal (13. ábra., 14. ábra.) illusztrálni szeretném, milyen alapos vizsgálatokra került sor a gyakran bonyolult interfész felületek működésének és adatátvitelének vizsgálatakor.

Az űrkutatási berendezések speciális konstrukciót igényelnek. Ezeknek egyike a megfelelő hőegyensúly biztosítása, ami igen fontos feladat. Azok az alkatrészek, amelyek laboratóriumi körülmények között hűtőborda és hőelvezetés nélkül stabilan, jól működnek, vákuumban, a megfelelő hőelvezetés hiányában túlmelegedés következtében meghibásodhatnak. A fotón (15. ábra.) bemutatom az egyik egységen a hőelvezető rendszert szerelés közben. Az egyes kártyákon a hőelvezető rendszer tervezése során infra hőmérővel részletes hőtérképet készítettem, és ezek alapján olyan mechanikai hőelvezető rendszer tervezésére került sor, amely vékony fém rudakkal érintkezik a hőtermelő alkatrészekkel. A fém rudak és az alkatrész közé hővezető, de elektromosan szigetelő fólia került, mivel a műszerdoboz és a benne elhelyezett alkatrészeket egymástól az előírások szerint galvanikusan el kellett választani. A képeken bemutatom a műszert a thermovákuum kamrában (16. ábra.) a végzett tesztelés közben. A thermovákuum kamrában a konténer felületét egy fémlap modellezte. A BSTM és DACU egységek a konténerrel lévén termikus kapcsolatban, annak adják át a hőt, a konténer pedig az ISS falával érintkezik és az változó termikus körülményeket biztosít. A specifikációkban [30] megadták, hogy az ISS falának hőmérsékletét. A thermovákuum kamrában egy-egy egység működését körülbelül egy-egy héten át vizsgáltam, folyamatosan rögzítve az egységen elhelyezett és kivezetett hőmérőkön mért hőmérsékleti értékeket.

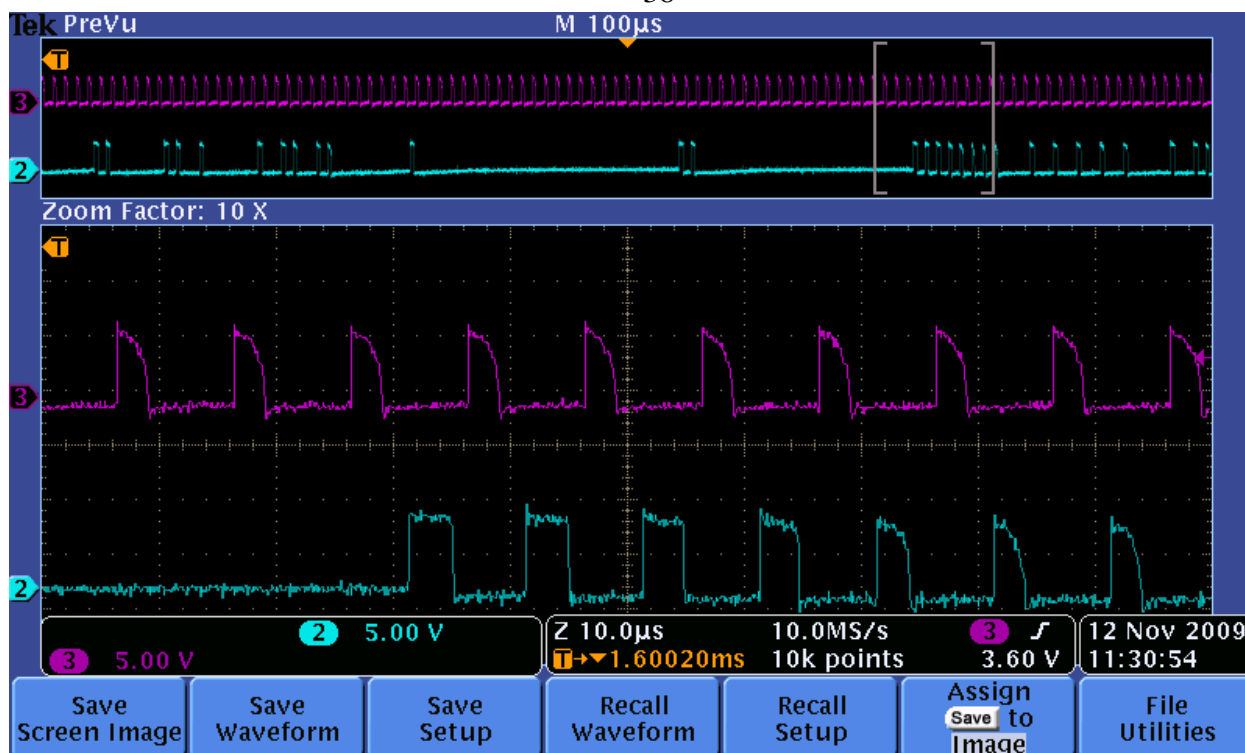
Bemutatom, amikor a konténer egységek (17. ábra.) hatórás űrséta keretében az ISS falán felszerelésre kerültek. A műszerek üzembe helyezését két orosz űrhajós, Pavel Vinogradov és Roman Romanyenko 2013. április 19-én, egy bő hatórás űrséta során végezte. Ekkor a világűrben felszerelték az űrállomás külső falára az Obsztanovka kísérlet szenzorait, valamint a DACU1 és DACU2 adatgyűjtő berendezést, a megfelelő konténeregységekkel. A világűrben történő szerelés ideje korlátozott volt, mivel egyes műszerek és szenzorok túlhűlhetek volna a hőmérséklet stabilizálása nélkül. A szerelés során két órán belül rá kellett kapcsolni a világűrben elhelyezett berendezéseket a fedélzeti tápellátásra, hogy a műszerek és szenzorok hőmérsékletének stabilizálása időben biztosítva legyen



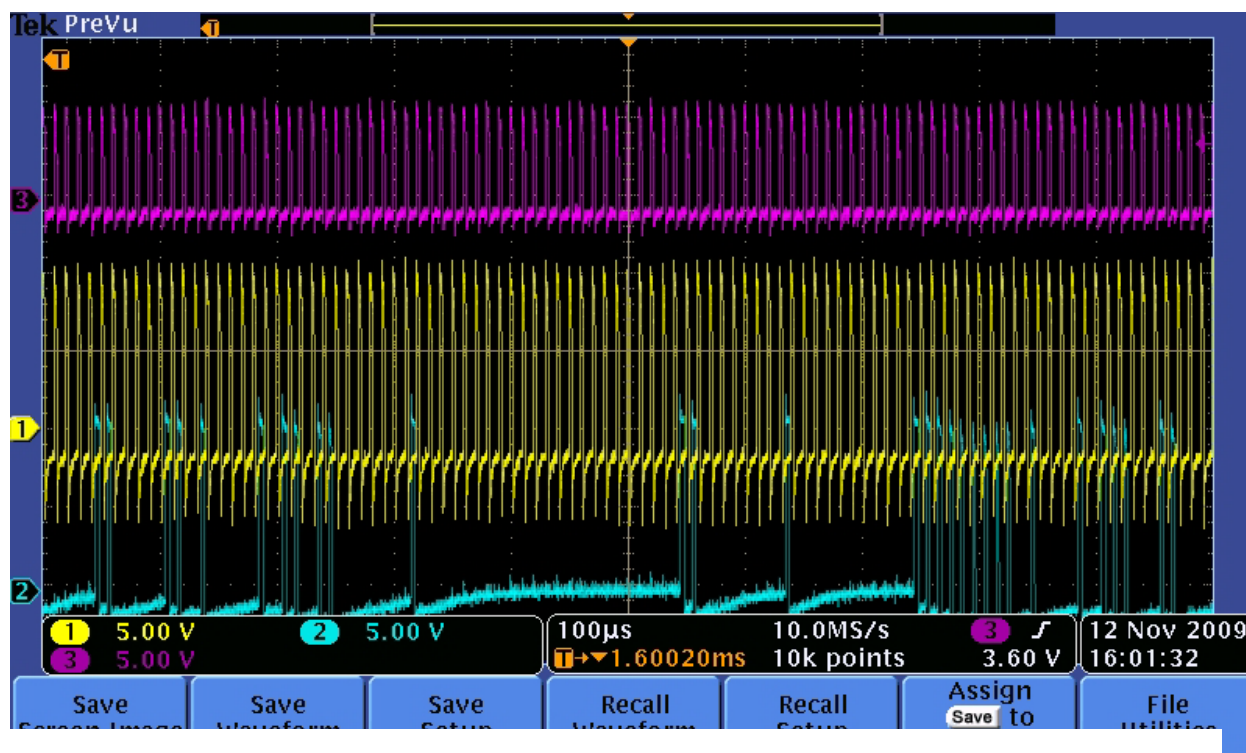
11. ábra. A kép felső sarkában a BSTM, DACU1, DACU2 repülőpéldányai, alatta bemérés közben az Obszhanovka az IKI-ben



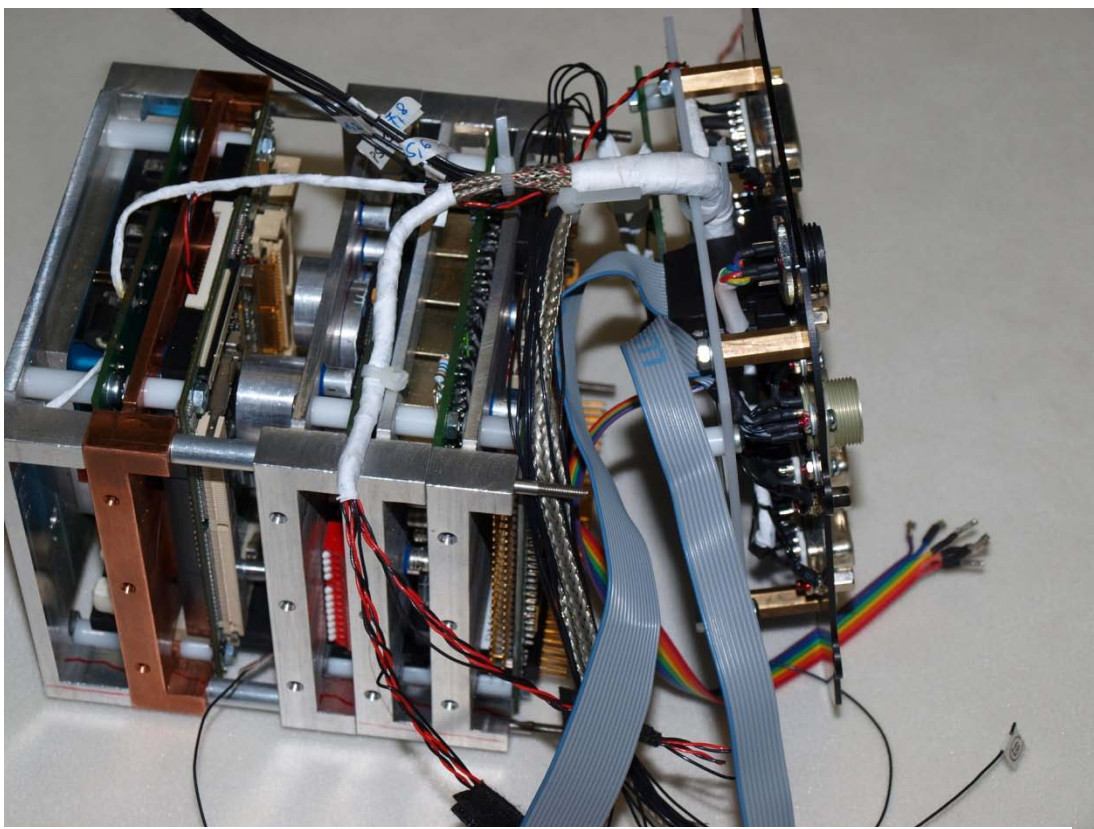
12. ábra. A két konténer egység



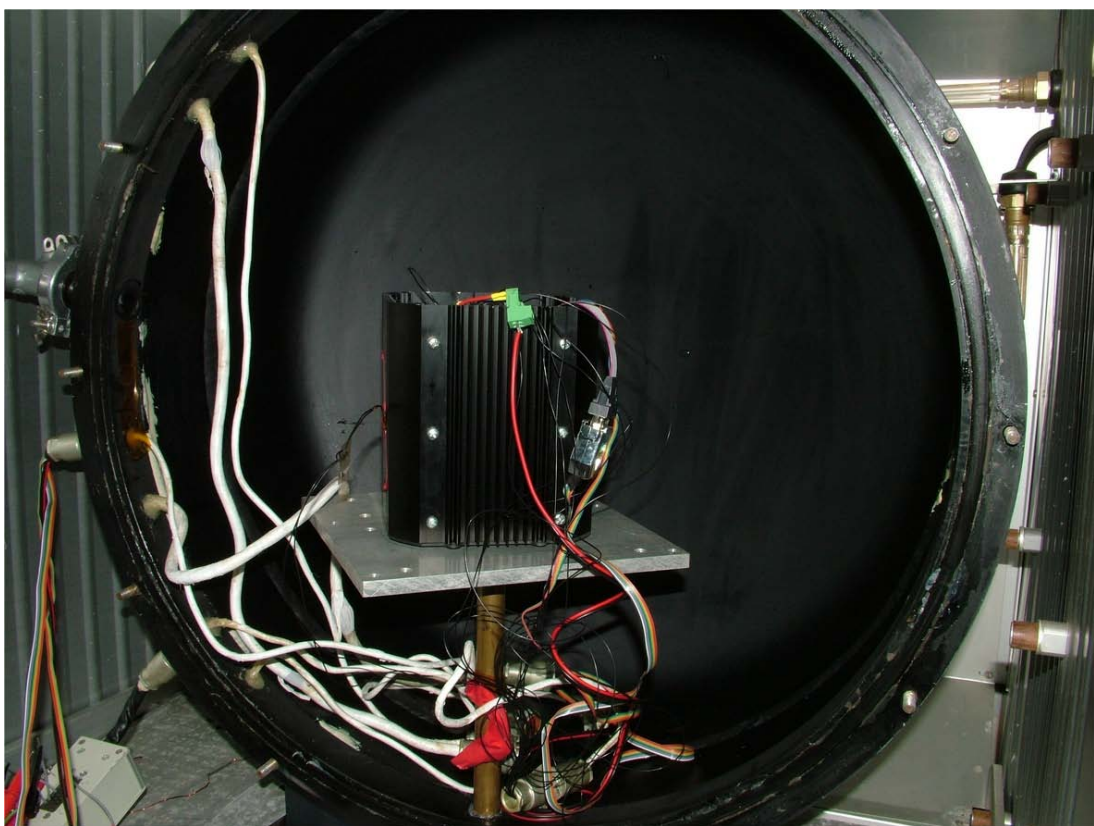
13. ábra. A BITS interfész szinkron jeleinek ellenőrzése



14. ábra. A BITS interfész adatvonalainak ellenőrzése



15. ábra. A BSTM szerelés közben. A képen látható a hőelvezető rendszer.



16. ábra. Mérés előkészítése a thermo-vákuum kamrában.



17. ábra. Hatórács űrséta keretében szerelték fel az Obsztanovkát 2013 áprilisában az ISS külső falára

3 Speciális igények megoldása

A fedélzeti számítógéprendszer fejlesztése során több olyan problémával szembesültem, amelyekre az adott lehetőségek között, a meglévő hardver elemekkel, azok jelentős megváltoztatása nélkül, egyszerűen kivitelezhető és a felhasználói igényeket kielégítő megoldást kellett találnom. Ezek a problémák a következők voltak:

- Megoldást kellett találnom a mérési adatok és a hozzájuk tartozó helykoordináták összekapcsolására. Az adatok kiértékelésékor alapvető információ a hely, amelynek ismerete nélkül a mérési adatokat nem lehet helyesen értelmezni a Föld felső légkörében végbemenő folyamatok vizsgálata során,
- A telemetria csatornákon átvihető adat mennyiségileg korlátozott volta miatt egyéb kivitelezhető megoldást kellett találnom a tudományos adatoknak a földi irányító központba történő juttatására. A telemetriai csatornák korlátozott volta miatt alkalmaztam a rendszerben merevlemez háttértárolót, amelynek a kapacitása 200 GB. A merevlemez tárolót az űrhajósok félévente másik merevlemez tárolóra cserélik, a régit speciális szállító konténerben hozzák a Földre.
- Megoldást dolgoztam ki a féléves adatmennyiség fogadására rendelkezésre álló merevlemez kapacitás hatékony felhasználására. Az egyes szenzorok által generált adatmennyiség nagyságára előzetes becsléseket megadtak ugyan a fejlesztő csoportok, de lévén ezek becslések, a tároló kapacitás felosztásánál a tényleges adatmennyiséget vettem figyelembe.

A mérés helye visszaállíthatóságának lehetővé tétele

Az űrkutatási missziók kezdetén, az első Szputnyik kísérletek során is megoldandó probléma volt az űrhajó helyének a meghatározása. Az első űrhajók pályájára az űrhajó által sugárzott jelek vétele alapján következtettek. Az űrrepülés során egy adott űrhajó pályadatainak meghatározása komoly feladat. Az űrhajó pályája előre meghatározott és repülés közben az irányító központ folyamatosan követi az űrhajó pályadatait. A tervezettől történő eltérés esetén korrigálják a pályát. A navigáció a Földről végzett mérések, radar, a DSN (Deep Space Network) antennahálózatával végzett méréseken, az űrhajón az égitestekhez, csillagokhoz történő helymeghatározáson alapul. Jelenleg a Föld körül keringő űrhajók pályadatainak meghatározására az amerikai GPS (Global Positioning System) [46] és az orosz GLONASS (Global Navigation Satellite Systems) alkalmas. A helymeghatározás a polgári életben és katonai területen egyaránt igen nagy jelentőséggel bír, ezért az ESA (European Space Agency) is elkezdett egy műholdas helymeghatározó rendszer, a Galileo fejlesztésébe, a kínai űrkutatás pedig a Compass nevű rendszert fejleszti.

Az ISS esetében a pontos navigációs rendszere a Naphoz képest határozza meg az ISS pályáját, és egy 6600 fordulat/perc fordulatszámú 98 kg tömegű giroszkópot használnak a pálya meghatározása során. Az űrmissziók különösen a Föld körüli pályákon megbízható navigációs rendszerekkel rendelkeznek.

A Rosetta szonda navigációs rendszere csillagtérkép alapján működött. A látható csillagok alapján határozták meg a szonda helyét a világűrbeli utazás során. Amikor az üstökös megközelítette a Rosetta, az üstökösből kiáramló porrészecskék zavarták a navigálást. A Földtől nagyjából 500 millió kilométer távolságra levő leszállóegység a csillagtérkép alapján navigálva a tervezettől mintegy 120 méter távolságra landolt. Ehhez az eltéréshez a navigáció hibája mellett az orbiter fedélzetén lévő mechanikai berendezések, kilövő szerkezet, vezérlési pontatlanság is hozzáadódott, de 500 millió kilométer távolságban 120 méteres pontossággal a kiválasztott helyen történő leszállás jól mutatja, hogy az űrhajózásban a navigáció csillagászati távolságokban is rendkívül jó működik.

A mérési adatok értelmezése és kiértékelhetősége miatt a felhasználók számára fontos, hogy az eltárolt adatok mérési helye és ideje rekonstruálható legyen. Ennek a feladatnak a megoldása számos akadályba ütközött. Az ISS-en alkalmazott navigációs rendszer adatait az ISS fedélzetén közvetlenül nem kaptuk meg, ezek az adatok a földi irányító központból érhetőek el. A GPS alapú navigálás lehetősége akadályokba ütközött. A piacon beszerezhető GPS chippek alkalmazhatóságát a gyártók a felső magassági és sebességi határoknak a chip firmware-ébe való beépítésével korlátozzák. A megfelelő chippek ITAR korlátozás alatt állnak, továbbá a vételhez szükséges antenna elhelyezése is további problémát jelentett volna, mivel az űrhajó falán kívüli elhelyezés és a személyzet felkészítése szüksége a falon kívüli szereléshez. Ezeket a korlátozó feltételeket betartva dolgoztam ki eljárást a mérési adatok helyének rekonstruálására. A megoldás lényege, hogy az ISS pályaadatok rendelkezésre állnak az irányító központban. A mérés helyének rekonstruálása lehetséges, ha a mérésekhez tartozó pontos időadatok rendelkezésre állnak.

A megoldás, amelyet viszonylag egyszerűen meg tudtam valósítani azon alapult, hogy az ISS fedélzeti számítógépe (PLS) megfelelően nagy pontosságú órával rendelkezik. Ez az idő a moszkvai nyári időt adja meg. A megoldás során a fedélzeti számítógép körülbelül óránként az Ethernet hálózaton keresztül megadta a BSTM számára a pontos időt, a közbenső időpontokban pedig egy, az ehhez az órához szinkronizált impulzust kaptunk másodperenként. Az egy másodpercenkénti szinkron jelet az orosz partner a nagyobb megbízhatóság biztosítása céljából két forrásból és két mérőágon küldi a BSTM-nek.

A BSTM órájának szinkronizálása a fedélzeti számítógéptől kapott két jel, az óránkénti pontos időérték és a másodpercenként kapott impulzusok alapján történt. A BSTM és DACU óráit az óránként kapott időértékhez szinkronizáljuk, amihez az NTP (Network Time Protocol) daemont [33], [35] használjuk, az órák között pedig a másodpercenként kapott impulzusok megszakítást váltanak ki a BSTM processzora felé, a BSTM pedig azokat számolva szükség esetén a saját óráját korrigálja, így biztosítva a BSTM és DACU1, DACU2 óráinak a moszkvai időhöz történő szinkronizálását. Mivel az ISS átlagos sebessége 7,66 km/s, így mintegy 8 km pontossággal meghatározható a későbbi rekonstrukció során a mérési adatok mérési helye.

A mért adatok tárolása óránként megnyitott új fájlban történik, amely a nevében tartalmazza az időpontot és utána sorban következnek az egyes szenzorokhoz tartozó értékek a mérés időpontjával együtt.

3.1 A telemetria csatornák korlátozott kapacitása miatt az adatok továbbításának kiegészítő megoldása

Az alábbi fejezetben ismertetett megoldás a technikai fejlődés felgyorsult tempóját tekintve nem a legmodernebb. Ma sokkal modernebb, számos vonatkozásban előnyösebb megoldás lenne megvalósítható, de az űrkutatási berendezések fejlesztése többéves időtartamú. Miután a berendezést, részegységet elfogadták, változásokat csak ritkán visznek be a rendszerbe, mivel időigényes a számos előírt teszt elvégzése és azok elfogadása. Ezért az űrkutatási berendezéseket a létrehozások idejében elérhető technikai megoldások alapján lehet értékelni. Amikor a projekt elindult, a használható félvezető memóriák [48] kapacitása alacsony, ára pedig magas volt. A fejlesztéskor a szükséges adattárolásra 200 GB-os merevlemez választottam, mivel hasonló kapacitású félvezető tároló ára a 100 ezer dollárt meghaladta volna, és háttértárolóból legalább öt darabra volt szükség.

A nemzetközi űrállomásról elsődlegesen a mérési adatokat két különböző adatcsatornán küldik le a Földre. A központi telemetria csatorna kapacitása korlátozott, ezen az Obszhanovka kísérlettől érkező mérési adatoknak mintegy 5-10%-a küldhető le földi parancsra. A kísérlet használja a BITS nevű csatornát, de ennek a láthatósága korlátozott, mivel a földi vevőállomások Oroszország területén találhatóak, másfél óránként kb. 15 perc a láthatóság. Az adatátvitel minősége ez alatt sem folyamatosan jó minőségű. A láthatóság alatt az űrhajó az északi vagy a déli félteke felett repül. Az északi feletti repülés alatt jó minőségű adatátvitel 5,5-6 percnyi időtartamig, a déli félteke feletti repülés alatt pedig 3,5-4 percig áll fent. A láthatóság kezdetén és végén a BITS csatornán az adatátvitel minősége romlik, ami hibákat okoz az adatokban. A BITS adatátviteli sebessége 100 kbit/s és optimális esetben a láthatósága napi 4 óra. A Rosetta missziónál 16 kbit/s sebességű adatátviteli csatorna állt rendelkezésre a lander és az orbiter egység között napi kétszeri egy-egy órás láthatósággal [51].

A telemetria csatornákon leérkező adatokat folyamatosan értékelik a projektben résztvevő kutatók. Az adatátviteli csatornák korlátozott kapacitása miatt cserélhető merevlemezen maguk az űrhajósok hozzák le egy-egy hosszabb időszak alatt mért adatokat. A merevlemez cseréje több alkalommal megtörtént és a hordozó konténerben (18. ábra.) sikeresen leérkeztek a Földre a tárolt mérési adatok. A konténerben felhasznált anyagokat, a felhasználható anyagokra vonatkozó előírások figyelembe vételével választottam ki. A merevlemez típusának megválasztásánál más űrmissziók [34] tapasztalatait is figyelembe vettem.



18. ábra. A háttértárolók szállító konténere.

3.2 tárhely hatékony, dinamikus kihasználását biztosító eljárás

Az űrmissziók során a tárhely, ahova a szenzoroktól az adatok érkezek, rendszeresen visszatérő feladat, mivel a telemetria nem áll mindig rendelkezésre, nincs folyamatos láthatóság, illetve a telemetriát más kísérletek is használják. A Rosetta misszióban a leszálló egységen erre a célra összesen 2 x 4 MB memória állt rendelkezésre. Ebben a misszióban, mivel a pályája kevésbé kritikus, mint a bolygóközi űrutazások során, merevlemezt alkalmaztam háttértárolóként, aminek az alkalmazásával kapcsolatban más kísérleteknél voltak már tapasztalatok [34], és a szerzők teszteket végeztek különböző merevlemez egységekkel, annak vizsgálatára, hogy az űrutazás igénybevételei között hogyan viselkednek. A [34] cikk által megbízható minősítést kapott gyártótól választottam merevlemezt.

Az egyes kísérletek által előzetesen megadott napi adatmennyiség nagysága széles tartományban változott, ám a rendelkezésre álló tárhely felosztását, mivel a kísérletek konkrét kvótát nem adtak meg, az alábbiak szerint osztottam fel. Voltak kísérletek, amelyek a felső határértéket MB tartományban adták meg, de ez az érték csak bizonyos esetekben volt várható, az átlagos várható mennyiség ennél kisebb, de pontosan nem volt ismert. A BSTM egység szoftverének fejlesztésénél arra törekedtem, hogy az ne legyen bonyolult, ezért az adatokon a BSTM további tömörítést nem végez, azokat olyan formában tárolja, ahogy a kísérletektől a DACU-k továbbítják.

Mivel az Obszhanovka működése során a merevlemez cserék alkalmával lehetőség volt az újonnan felvitt merevlemezzel a futó szoftver frissítésére, a tárolási algoritmus megváltoztatható az adatok kiértékelése alapján. Egy egyszerű eljárást dolgoztam ki a rendelkezésre álló tárhely hatékony és dinamikus kihasználására, amely az intelligens szenzorokhoz rendelt terület nagyságát dinamikusan változtatja. A merevlemezes tároló területe 200 GB, amit a mérés kezdetén egyenlő nagyságú napi kvótákban rendeltem az egyes szenzorokhoz. Ha egy szenzorhoz rendelt napi tároló terület megtelik, akkor azon a napon a szenzortól érkező adatok további tárolására nincs lehetőség. Mivel az egyes szenzoroktól érkező adatmennyiség változó, a szenzorokhoz rendelt terület nagyságát olyan módon illeszttem az adatgyűjtés igényeihez, hogy az egyes napok végén a szenzorokhoz rendelt tároló területeket újra felosztom a szenzoroktól érkező adott napi adatmennyiség alapján. Az eljárás során a szenzorhoz rendelt tároló terület nagyságával követem a szenzoroktól érkező adatmennyiség igényét.

Napi kvóta felosztása = teljes tároló kapacitás
 ~200GB / 180 nap / (11 kísérlet + BSTM, DACU1, DACU2 üzenetek, housekeeping adatok).

Induláskor egyforma méretű tároló területet rendeltem minden kísérlethez. Ez a tároló terület mintegy napi mintegy 90 Mbyte. Ha egy kísérlet felhasználta a napi kvótáját, akkor attól a kísérlettől aznap további adatok fogadása és tárolása nem történik, mivel betelt a rendelkezésre álló terület. Ha egy kísérlet nem használja fel a rendelkezésre álló területet, akkor a fel nem használt maradék kvóta szétosztható a kísérletek között, annak arányában, hogy az egyes kísérletek hány százalékát használták fel a rendelkezésükre álló területnek.

Maradék kvóta = előző napi fel nem használt kvóta újra osztva az előző napi felhasználás arányában.

Egyszerű példa két kísérlettel (4. táblázat.):

- 1. Nap: felhasznált 40/100 % és 100/100 % tároló, maradt 60 %
- 2. Nap: felhasznált 40/117 % és 143/143 %, maradt 77 %
- 3. Nap: elhasznált 40/116 % és 161/161, maradt 76 %

Nap	1. K. tár	felhasznált	2. K. tár	felhasznált	Össz. tár	Fel nem használt
1.nap	100	40	100	100	200	60
2. nap	117	40	143	143	260	77
3. nap	116	40	161	161	277	76

4. táblázat. A tárhely felosztásának példája

4 Az elektromos földi kiszolgáló eszköz ismertetése

Az alábbi fejezetben ismertetésre kerülő berendezés fejlesztése az SGF. Kft. feladata volt, de az SGF. Kft munkájában részt vettem, az EGSE hardver létrehozása teljesen az én feladatomból volt, a szoftverek megírásában több kolléga vett részt, akiknek a munkáját én irányítottam.

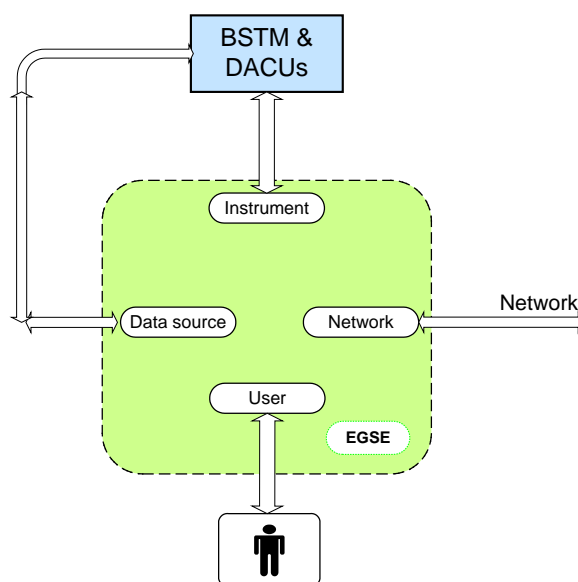
Az úrkutatási berendezések működését ellenőrző tesztberendezést neve EGSE (Electrical Ground Support Equipment – Elektronikus földi kiszolgáló berendezés). A tesztberendezések beépített intelligenciája és számítási teljesítménye folyamatosan növekszik követte a technikai lehetőségek változását. A hetvenes években az EGSE-ék több önálló műszerből álltak, amelyek nem az egész berendezést, hanem annak bizonyos funkciót ellenőriztek. A személyi számítógépek (PC) elterjedésével, a PC-ék az EGSE-ék fejlesztésében megjelentek, és az EGSE-ék egy PC-ből és ahhoz fejlesztett speciális interfész kártyákból álltak. Az EGSE-ék következő generációja egy vagy több PC és egy beágyazott processzor együttese soros vonalon kommunikálva. Jelenleg az EGSE architektúra része változatlanul a PC és a beágyazott processzorral vezérelt hardverre épül, de közülük nagy sebességű kapcsolat áll fent a gyors buszon [A42].

Az EGSE berendezések irodalma tartalmazza az ürügynökségek speciális előírásait. Az orosz partner előírásait a [30] tartalmazza. Tanulmányoztam az EGSE-vel kapcsolatban NASA [36] és ESA dokumentumokat [37], [38] is.

Azokat az EGSE berendezéseket mutatják be az [A24], [A36], [A42] és [A43] publikációk, amelyek fejlesztésében részt vettem.

Az "Obsztanovka" ellenőrzése megköveteli számos funkcionális egység alkalmazását, tápegységeket, kommunikációs csatorna szimulátorokat, az amatőr rádió, a BITS bit soros adatgyűjtő rendszere, és az ún. analóg megfigyelő rendszer vizsgálatát. Az EGSE a funkcióban a BSTM és DACU egységek tesztelésére alkalmas, a fedélzeti kommunikációs csatornákat és a szenzoroktól érkező adatfolyamot szimulálja. A szimulátorok a valós hardver interfészeket reprezentálják. Az EGSE (19. ábra.) a fedélzeti adatgyűjtő rendszerben négy alapvető interfésszel rendelkezik:

1. A felhasználói felületen az operátor felügyeli és ellenőrzi a rendszert (kijelző és a billentyűzet);



19. ábra. Az EGSE logikai vázlat

2. Eszköz (űrhajó) interfész, dedikált hardver elemek realizálása;

3. Az adatok forrása (a szimulátorok adatfolyamának szimulálása, a legtöbb esetben fiktív, szimulált adatok generálása megfelel);

4. Hálózati interfész, ezen át továbbítható és terjeszthető a telemetria (TM) adatáramlás Ethernet interfészen.

Az EGSE Elektromos Földi Kiszolgáló Eszköz blokkvázlatán a zölddel színezett rész az EGSE, amely egy dedikált számítógéppel vezérelt műszerként, mintegy standalone - önálló egység lett - megvalósítva.

Az EGSE szimulálja a kísérletektől érkező adatfolyamot és szimulálja a fedélzeti berendezéseket, amelyek az általunk fejlesztett eszközökkel állnak kapcsolatban. Az EGSE rendszer PC/104-es beágyazott (embedded) számítógépet tartalmaz, amely az adatfolyamot valós időben generálja és amelyikhez egy a felhasználói interfészt (UIF user interface) létrehozó

számítógép csatlakozik. A felhasználói interfész kereskedelemben beszerezhető számítógép, az jeleníti meg az adatokat, amelyeket a fedélzeti rendszernek küld az EGSE, illetve lehetővé teszi a tápegység be és kikapcsolását. A felhasználó irányításával, a kísérleteknek parancsokat és paramétereket küldhet. Az Obszhanovka EGSE-je két fő egységből áll, amelyek: egy kereskedelmi forgalomban beszerezhető PC Ethernet interfésszel és egy önálló egység, amely tartalmazza a fedélzeti jel szimulátort OMTC (Onboard Monitoring Telemetry Interface) és a szenzorok szimulátorát.

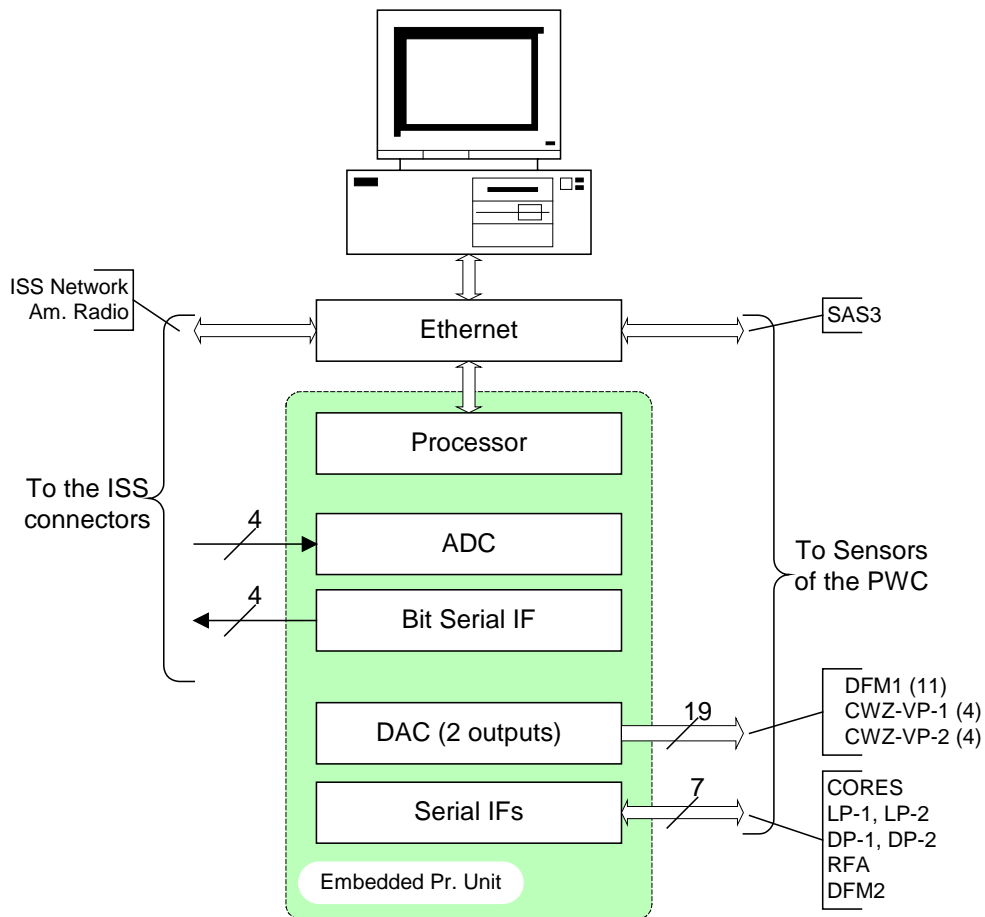
Az önálló egység a BSTM és DACU egységek által fogadott jelek alacsony szintű szimulációját valósítja meg. Az alacsony szintű szimulátor egység tartalmaz egy merev lemezt, lehetővé téve a telemetria adatok offline kiolvasását és a mérési szekvenciák elkészítését. A PC-én futó szoftver lehetővé teszi, hogy az EGSE feldolgozza és kiértékelje a műszerek állapotát jellemző housekeeping és tudományos adatokat valós időben és az elmentett archív adatokból offline üzemben. Az EGSE konfigurációnak elegendő tároló kapacitása van átmeneti adattárolásra, de nem támogatja a folyamatos adattárolást. A szenzorok szimulátorai nem részei az EGSE-ének, azok elkészítése az egyes szenzorfejlesztő csoportok feladata.

A fedélzeti monitorozó telemetria interfésznek az OMTC-nek négy különböző adatgyűjtő csatornája van:

1. Analóg housekeeping adat monitorozó rendszer szimulátora
2. Bit soros digitális interfész
3. Amatőr rádió interfész csatorna
4. ISS fedélzeti Ethernet csatorna

Az eszköz interfésztől érkezett adatfolyam az Ethernet kommunikációs buszon a PC felé kerül továbbításra. A szenzorok szimulátorai a megfelelő jeleket elküldik a BSTM és DACU egységek felé. Az OMTC és a szenzor szimulátor a közös dobozban kerül elhelyezésre. Az önálló egység funkcionális felépítését 20. ábra mutatja be. Mindkét szimulátort egy beágyazott processzor vezérli. A processzor egység egy Intel gyártmány mikroprocesszor, amelyen valós idejű Linux operációs rendszer fut. A kommunikáció a PC és a beágyazott processzor között Ethernet buszon TCP/IP protokollt alkalmazva megy végbe a kommunikációs csatornán.

Az önálló egység az Obsztanovka rendszer tesztelése során a szenzor interfészek szimulálására alkalmas, de a szenzorok vizsgálatára nem. A "felhasználói felület", amelyet egy PC szoftver realizál, szolgálhat funkciója szerint a BSTM & DACU EGSE-ként és a teljes Obsztanovka rendszer EGSE-jeként is. A PC-én Windows 2000 vagy XP alatt futtatott dedikált "PWCegse.exe" program hozza létre a felhasználói felületet. Ez egy grafikus felület, melynek feladata a rendszer működésének ellenőrzése, valamint a telemetriai adatok megjelenítése. A szoftver fejlesztése C nyelven történt, a National Instrument cég szoftverével, az integrált(LabWindows / CVI) fejlesztőkörnyezetben. Az EGSE konfiguráció látható a 20. ábrán.



20. ábra. Az EGSE funkcionális blokkvázlata, a beágyazott processzort tartalmazó egység zölddel jelölve



21. ábra. A megépített EGSE fotója



22. ábra. Az EGSE beágyazott processzoros részegysége szerelés közben

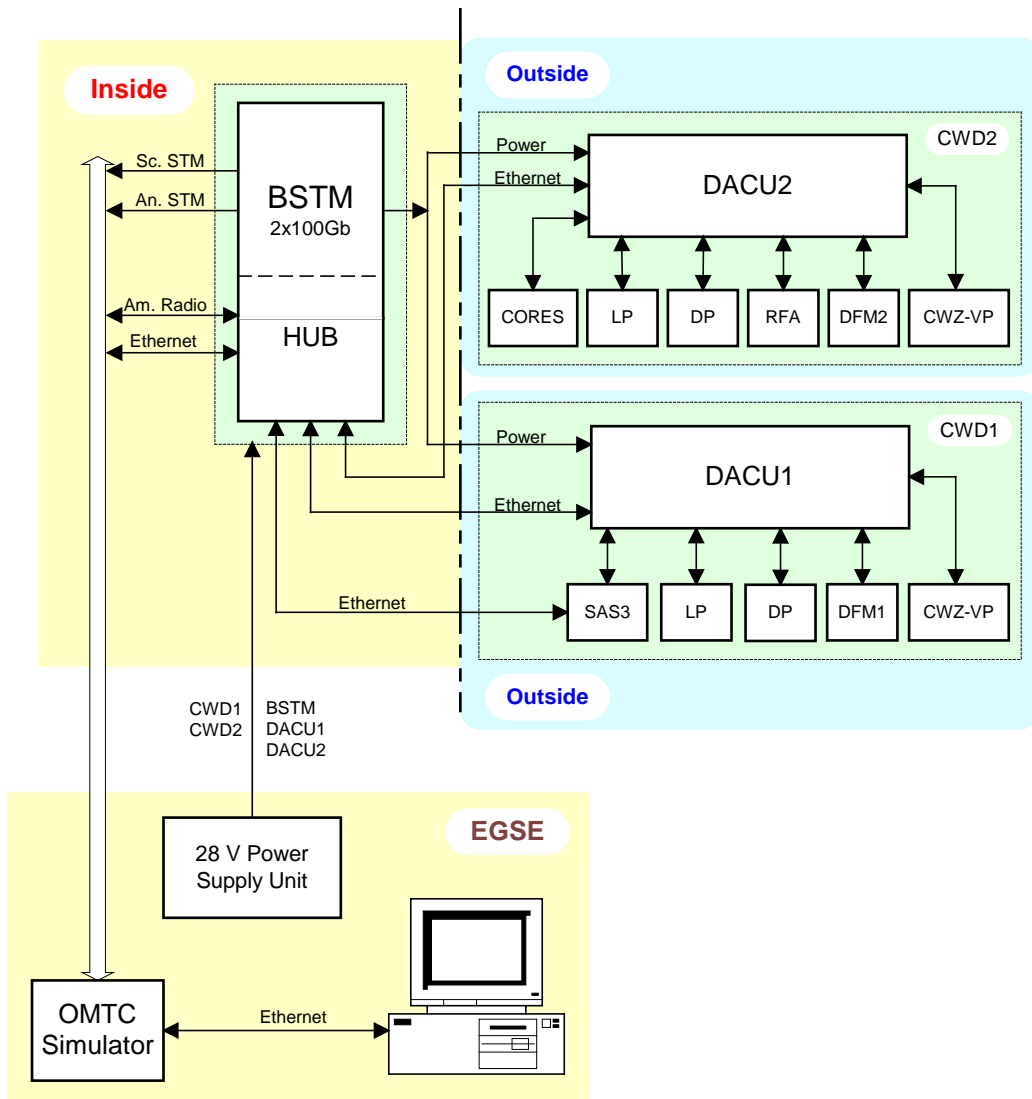


23. ábra. Az EGSE használata Moszkvában bemérés közben. A képen a háttérben látható két konténerbe kerülnek a tudományos műszerek

A BSTM, DACU1 és DACU2 egységeken és az EGSE-én is ugyanaz a real-time Linux operációs rendszer fut, ami számos előnnyel jár, lehetővé téve a BSTM futó aktív feladatok monitorozását, az Ethernet forgalom megfigyelését és a fájlok kezelését a HDD tárolón.

A tudományos adatok gyűjtése a BSTM-ben egy kivehető merevlemezen történik, amelyiknek a tartalma az EGSE-én vizsgálható és kiértékelhető. A kivehető merevlemez kapacitása 2x100 GB (két merevlemez tartalmaz) és a BSTM illetve az EGSE is hasonló merevlemez keretet (rack) tartalmaz. A 24. ábra mutatja be az EGSE és az Obszhanovka összekapcsolását, amikor az EGSE az ISS interfész felületeit szimulálja.

Az EGSE néhány fontosabb működési paramétere: üzemi hőmérséklet $+5^{\circ}\text{C}$ és $+35^{\circ}\text{C}$ relatív páratartalom kisebb, mint 80% 35°C -én. Névleges bemeneti feszültsége $230\text{V} \pm 10$, 50 Hz. Az EGSE tervezése során törekedtünk rá, hogy a használata során bármilyen hiba, amely az EM (Engineering Model), QM (Qualification Model) vagy FM (Flight Model) FSM (Flight Spare Model) modellben keletkezik, ne okozzon zavart az EGSE-ben. Az EGSE bemeneti és



24. ábra. Az EGSE és az Obszhanovka összekapcsolása

kimeneti áramköreinek műszaki adatai megfelelnek a fedélzeti elektronikának. Az EGSE ki- és bemenete rövidzár és túlfeszültség elleni védelmet tartalmaznak. A fejlesztés során több modell készül, az EM általában elektronikusan teljesíti a követelményeket, de méretben, alkatrészbasisban még nem feltétlenül felel meg a követelményeknek. A QM megfelel a követelményeknek, méretben és súlyban, majd annak alapos tesztelése után készül el az FM és FSM modell.

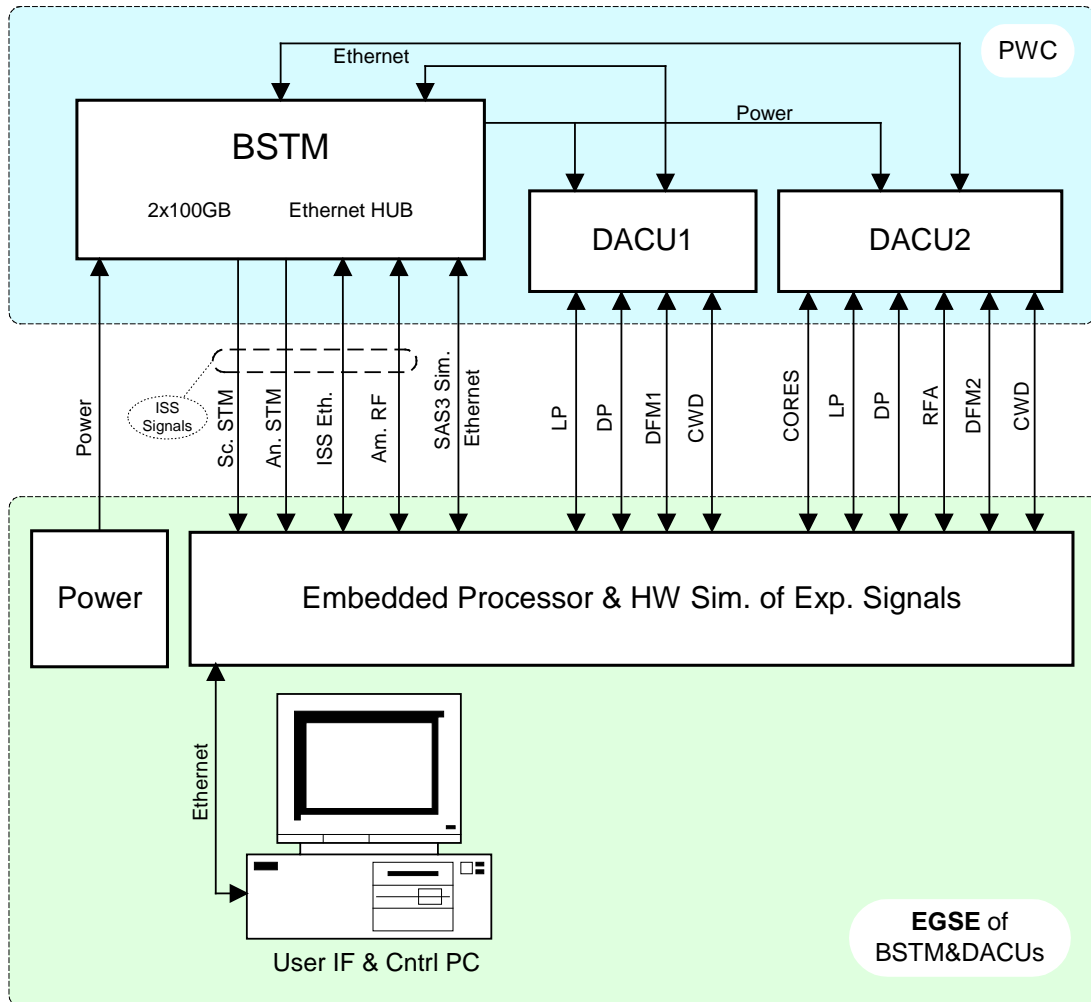
Az EGSE konstrukciója, a nyitható doboz, lehetővé teszi a szükséges karbantartás, esetleges egyszerű javítások elvégzését.

Az orosz fél előírásainak meg kellett felelni az elektromos szilárdságnak az EGSE doboza és elektronikus áramkörei között:
legalább 20 M Ω szigetelési ellenállásnak kell lennie 25 ° C +/- 10 C környezeti hőmérséklet, és 80%-nál kisebb relatív páratartalom mellett.

Mivel az Obszhanovka négy különböző modelljében (elektromos modell, technológiai modell, repülő példány, illetve a tartalék repülőpéldány) funkcionálisan azonos módon alakítottuk ki, így az EGSE alkalmas mindezen modellek tesztelésére, a követelmények ellenőrzésére és elvégezhetőek vele a technológiai próbák. Az elsőként az orosz partnerhez kiszállított technológiai modellekkel - BSTM, DACU1 és DACU2 - együtt szállítottuk az EGSE-t.

4.1 A BSTM és DACU egységek tesztelésére fejlesztett EGSE

Az Obszhanovka EGSE-je alkalmas az adatforgalom szimulálására a kísérletek és ISS fedélzeti berendezései között (25. ábra.), amelyek az Obszhanovka kísérlet számítógépeihez, a BSTM-hez, DACU1-hez és DACU2-höz kapcsolódnak. A EGSE rendszert egy beágyazott PC-104-es számítógép irányítja és generálja a valós idejű adatforgalmat. Az EGSE része a felhasználói felületet adó számítógép (User Interface Computer UIF). Ez a számítógép megjeleníti az ISS fedélzeti rendszere által küldött adatokat, és lehetővé teszi, hogy a felhasználó közreműködésével a tápegységeket be/kikapcsolja, parancsokat és paramétereket küldjön a kísérletnek. A UIF kereskedelmi forgalomban kapható PC-én alapul, aminek az operációs rendszere Windows 2000 vagy újabb verzió.



25. ábra A szenzorok szimulálása az EGSE-vel

4.2 Kommunikáció az EGSE-én belül

Az EGSE belül a PC és a beágyazott processzor között TCP/IP kommunikációt használ. A beágyazott processzor szerverként működik és a felhasználói interfész felület (UIF) kliensként. Az UIF PC a beágyazott processzortól az 5193-as porton fogad és az 5194-esen küld adatot a beágyazott processzornak. A kommunikáció létrehozása az EGSE szoftverének eszköztárából (toolbar) kezdeményezhető a menüből (menu > network > Register In Direction / Register Out Direction / Connect Both Direction). A kapcsolatot az operátor kezdeményezése vagy a beágyazott processzor kikapcsolására bontja.

A BSTM-DACU közti kommunikáció adatstruktúráját – az EGSE rendszer két része között – megőrizzük és kiegészítjük egy feladat (task) mezővel. Ez a mező (task) tartalmazza a forrást és célt és a kommunikáció struktúrájában a HK (housekeeping) mező alsó négy bitjében kerülnek eltárolásra.

Az EGSE által használt adat szerkezete az alábbi. Ezt a formátumot használjuk az adatátvitel és az adatok tárolása során is (5. táblázat.):

Név	Hossz	Leírás	Megjegyzés
PID	2	csomag ID	$((\text{kísérlet szám}) \times 16) + 0x880C$
Sorozat	2	sorozatszám	növekvő érték $0xc000$
Hossz	2	adat hossz	adatcsomag hossza – 1, max. érték 260
Mp.	1	másodperc	időbélyeg másodperc: érték = 0 – 59
Perc	1	perc	érték = 0 – 59
Óra	1	óra	érték = 0 – 23
Nap	1	nap	érték = 1 – 31
Hónap	1	hónap	érték = 1 – 12
Év	1	év	érték = 0 évnek megfelel 1900
Típus	4	csomag típus	mindig= $0x30000020$
HK	1	housekeeping	csomag információ 4 bit, HK + $0x20$
SID	1	azonosító	kísérletet leíró azonosító
Adat	261	hasznos adat	bájtok száma = hossz + 1

5. táblázat. Az EGSE-én továbbított adatok kódolása

Az adatstruktúra (csomag) szinkron mintával (32 bit-es) indul. Ez kulcsfontosságú eleme az adatok dekódolási eljárásának. Minden Telemetry™ dekódolási funkció a kezdő 32 bit hosszúságú szinkron szó megkeresésével kezdődik az adatok szekvenciájában a beágyazott processzortól érkező adatfolyamban. A szinkronizálást végző bitminta kiválasztása a CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) ajánlása alapján történt. Az ajánlás kidolgozása során vizsgálatot végeztek annak meghatározására, hogyan definiálják azt a szinkron markert, amelynél viszonylag alacsony a téves riasztás valószínűsége, ha a minták autókorreláltak vagy páronként keresztkorreláltak. A tesztek tartalmaztak olyan mintákat, amelyek autókorreláltak, illetve keresztkorreláltak voltak a mintával és annak komplementjével, illetve a minta és annak komplementjének tükörképével. A fent említett vizsgálatok a következő két 32 bites szinkronizáló markert eredményezték:

SYNC MARKER 1 (hexadecimális) = 1 A C F F C 1 D

SYNC MARKER 2 (hexadecimális) = 3 5 2 E F 8 5 3

A Sync Marker1 (1ACFFC1Dh) választottuk az Obsztanovka kísérlethez. A távparancs végét ciklikus redundancia kóddal (CRC) láttuk el a hibák felderítésére. A CRC hibák ellenőrzése során összetett számítással létrehoz egy számot (szó) a továbbított adatok alapján. A küldő készülék (távparancs előkészítő egység) elvégzi a számítást az adatok küldése előtt, és elküldi a számítás eredményét a fogadó eszköznek (BSTM) a távparancs utolsó szavában. A fogadó BSTM megismétli ugyanezt a számítást; ennek az eredmény a távparancs utolsó szavával hasonlítja össze.. Ha mindkét számítási eredmény ugyanaz, azt feltételezve, hogy az átviteli közeg hiba-mentes, így a távparancs helyes, és végre kell hajtani.

Az EGSE által generált Telecommand (TC) 32 bit hosszú szinkronizáló markerrel kezdődiki Telecommand távparancs. (Marker 1 = 1ACFFC1Dh) és CRC párja. A megvalósult CRC algoritmus C nyelven a következő:

```
//The pointer of the buffer is *pBuff
//iBytes = number of the bytes (length) on which calculates the CRC
void CalculateAndSetCRC(unsigned char *pBuff, int iBytes) {
    int i;
    unsigned short w;
    wCyclRedCode = 0xFFFF;
    for (i=0; i < iBytes-1; i++) {
        wCyclRedCode = CrC(pBuff[i], wCyclRedCode);
    }
    pBuff[i++] = (unsigned char)(wCyclRedCode & 0x00FF);
    w = (wCyclRedCode & 0xFF00) >> 8;
    pBuff[i] = (unsigned char)(w & 0xFF);
}
```

A BSTM számítógép küldi a be/kikapcsolási parancsokat a kísérleteknek, amit a két DACU egység vesz, és a BSTM további távparancsokat küld a kísérleteknek. Az egyes szenzorok részletesen ismertetik a távparancsokat. A parancsok, mint adatok kerülnek továbbításra a távparancsok (6. táblázat.) struktúrájában.

id	név	sid	HK	program	Adat leírás
0	BSTM	0	0	read_write	pls idő megadás
0	BSTM	1	0	pls_r	szcenárió fájl kiválasztás
1	DACU1	0	0	psw_w	tápegység parancsok
2	DACU2	0	0	psw_w	tápegység parancsok
3	SAS3	0	0	sas3	távparancs
4	LP1	0	0	lp_w	távparancs
5	LP2	0	0	lp_w	távparancs
6	DP1	0	0	dp_w	távparancs
7	DP1	0	0	dp_w	távparancs
8	RFA	0	0	rfa_w	távparancs
9	DFM1	0	0	cwd_r	burst üzem be / ki
10	DFM2	0	0	dfm2_w	teszt üzem be / ki
11	CORES	0	0	cores_w	távparancs
12	CWD1	0	0	cwd_r	Teszt I, B mérés
13	CWD2	0	0	cwd_r	Teszt I, B mérés

6 táblázat. Az egyes berendezéseket működtető program részek felsorolása

A parancsok adatrésze a kísérletek felé az adat bájtokat továbbítja. A tápellátást bekapcsoló parancsokat, mint egy további "kísérletet" kezeli ez a koncepció.

Egy példa a következő parancs a CORES kísérletet kapcsolja be:

```

ID = 0x88BC           //The value 0xB = 11 in the bit positions 4-10 means CORES.
                      //The other bits are used to check command validity. The (id &
                      // 0xF80F) must be 0x880F !

Seq = 0xC000         //Not important, but any skip can be reported in the HK data
Len = 0              //Means one byte payload
Sec = 0              //The time and day information is meaningless in case
Min = 0              // of ISS-PWC communication

```

Hour = 0
 Day = 0
 Month = 0
 Year = 0
 Type = 0x30000020 //used to check command validity.
 HK = 20 //unimportant
 SID = 0 //meaningless
 Data [0] = 8 // is the required value for the power switch unit to switch
 // CORES on
 Data[1]...data[260] //are meaningless

A tápegység be/kikapcsolás (7. táblázat.) parancsai az egyes kísérletekre:

command	power	DACU1	DACU2
0	on	LP1	LP2
1	off	LP1	LP2
2	on	DP2	DP2
3	off	DP2	DP2
4	on	CWZ1	CWZ2
5	off	CWZ1	CWZ2
6	on	DFM1	DFM2
7	off	DFM1	DFM2
8	on	SAS3	CORES
9	off	SAS3	CORES
10	on		RFA
11	off		RFA

7. táblázat. Az egyes kísérletek be/kikapcsolásának parancsai

A szenzorok ellenőrzését az EGSE a fejlesztőkkel egyeztetve végzi. Az egyes kísérletektől érkező részletes tudományos adatok struktúrája, szintén meghatározott. A követelmények

határozzák meg, hogy mely tudomány adatokat kell küldeni láthatóság esetén a különböző csatornákon keresztül.

A felhasználói felületen a beágyazott rendszer, különböző taszkjai (8. táblázat.) aktiválhatóak. Ezek a taszkok a következők:

Task	UIF -> embedded
1	Analóg kimenet beállítás
2	SAS3 burst mód indítás
3	CORES burst mód indítás
4	Teljesítmény be/ki
5	DFM2 tesztüzem be/ki
6	CORES tesztüzem
7	LP / DP parancs
8	Rádió csatorna láthatóság be/ki

8. táblázat. A beágyazott rendszer egyes taszkjai

4.3 A taszkok és a beágyazott számítógép

A szenzorok digitális jeleinek és az analóg kimenettel rendelkező kísérletek szimulálására egy dedikált kártya készült. A kártyának analóg bemenetei is vannak, ahogy azt a 20. ábra mutatja. A 25 ábra mutatja a szenzorok analóg bemeneteinek a szimulátor kártyáját, amelynek két analóg kimenete van. Az összes érzékelő szimulációja egyidejűleg működik. A BITS telemetriát dedikált kártya szimulálja. Az ISS Ethernet hálózata és a rádióamatőr interfész a processzor kártya részei, amelyen az 1 s szinkronjelet fogadó 82559 LAN vezérlő is elhelyezkedik.

Hét kísérlet csatlakozik soros vonalon keresztül a DACU egységekhez. Közülük hat RS422 interfészen keresztül csatlakozik, egy pedig RS232-n keresztül. A bináris szinkron kommunikációs (BSC) protokollt az ISS dokumentumokban ismertetik és a kísérletekben az RS422 interfészen át csatlakoztatott kísérletekben alkalmazzák. A DFM2 kísérlet speciális protokollt használ. A kísérlet működése, a fogadott parancsok és paraméterek leírása külön dokumentumban található.

A SAS3 kísérlet az adatokat Etherneten keresztül küldi a BSTM számítógépnek, és a DACU1 számítógépet tájékoztatja, amikor a "burst" módban indul el az adatgyűjtés. A "burst" mód aktiválása a DACU2 számítógépen keresztül egy a CORES kísérlettől érkező speciális

üzenettel történik. A beágyazott számítógép néhány analóg kimenettel rendelkezik a CWD és LP1 kísérletek bemeneti jeleinek előállítására.

Az ISS fedélzeti rendszernek több kommunikációs csatornája van:

- A lassú telemetria rendszer hat analóg jelet vizsgál a 0V - 10V tartományban 2 Hz-es mintavételezési sebességgel.
- A bájtt soros interfészen 128 byte szélességű információt gyűjt 47 Hz mintavételi sebességgel.
- Ethernet hálózatok

Két Ethernet csatorna áll rendelkezésre a Földdel történő kommunikációra:

1. Amatőr rádiócsatorna, ezen csak leküld adatokat a Földre.
2. Az ISS Integrált Ethernet csatornája lehetővé teszi a kétirányú kapcsolatot. A kísérletek adatait a BSTM rendszer az ISS-re, az egyik irányba, és az ISS-től érkező parancsokat a DACU-knak és a kísérleteknek a másik irányba küldi.

Ezek a funkciók (ISS kommunikációs csatorna és a szenzorok adatáramlásának szimulációja) a beágyazott processzoros rendszerbe be vannak építve. A funkció (logikai protokoll) realizálása, részben a beágyazott processzoron futó szoftverrel és a dedikált hardver egységekkel történik. A funkcionális HW egységek jelennek meg a 24 ábrán.

A beágyazott processzoros egység kártyáinak blokkvázlata a függelékben megtalálható:
A felhasználói felületet adó számítógép feladatai

A felhasználói felületen futó szoftver, Windows 2000 vagy XP multitasking operációs rendszer alatt működik. A felhasználó igényeit a PWCegse.exe szoftver telepítésével teszi lehetővé, amely a National Instruments LabWindows / CVI fejlesztői környezete alatt készült. Az integrált LabWindows / CVI környezet tartalmaz kódot generáló eszközök és a prototípus lehetőségeket a gyors és egyszerű C program fejlesztésére. Egyedülálló, interaktív ANSI C megközelítést kínál hozzáférést biztosít a C teljes lehetőségeihez, amit a Visual Basic könnyű használatával ötvözi. Mivel a LabWindows / CVI egy programozási környezet a mérési alkalmazások fejlesztésére, jelentős számú run-time könyvtárat tartalmaz a berendezés ellenőrzésére, adatgyűjtésre, elemzésre, és a felhasználói felület kialakítására. A LabWindows / CVI is számos olyan tulajdonsággal rendelkezik, amely a fejlesztendő mérési alkalmazások elkészítését sokkal könnyebbé teszi, mintha a fejlesztés hagyományos C környezetben történne. A felhasználói felület programja alkalmas multithread üzemmódban futni.

A program, amely az adatok gyűjtését végzi és a felhasználói felületet megjeleníti a többszálú realizálást teszi szükségessé. Az adatgyűjtés idő-kritikus feladat, amelyet zavarhat a felhasználói felületen futó szoftverfeladatok végrehajtása. A PWCegse programban a telemetria adatfolyam (TM-flow) vétele Ethernet-kapcsolaton keresztül történik. A PWCegse programban a főszál feladata a felhasználói interfész létrehozása, a kijelző vezérlése és a felhasználói felület működtetése. A másodlagos szál hajtja végre az idő-kritikus műveleteket, amelyek

meghatározott időzítést igényelnek. A LabWindows / CVI két magas szintű mechanizmust kínál a másodlagos szálak kód futtatására. Ezek a mechanizmusok a szálcsoportok (thread pool) és az aszinkron időzítő. A thread pool előnyös azon feladatok számára, amelyeket diszkrét számú alkalommal kell elvégezni, vagy azon feladatoknak, amelyeket hurokban kell végrehajtani. Az aszinkron időzítő azon feladatok számára alkalmas, amelyeket rendszeres időközönként kell elvégezni. A thread pool mechanizmust használják a telemetriai csatornák, az Ethernet interfész, a rádióamatőr telemetria csatorna és a bit soros csatorna kezelésére.

A PWCegse szoftvernek a képernyőn megjelenő panel rendszerre van. A panel egy külön ablakban megjelenített szöveges doboz és vezérlő gombok. A vezérlő panelben egy menüsor és egy eszköztár látható. A gombok vezérlik a PWC tevékenységét. A grafikus felhasználói felület alkalmas arra, hogy a nem csupán Obszhanovka EGSE-t, de a BSTM & Dacus EGSE esetben a szimulált szenzor tevékenységét is szimulálja. A PWCegse program különböző adatfolyamok szimulálására alkalmas soros vonalakon és a különböző analóg feszültségeket a DACU-k számára lehet vele szimulálni.

A felhasználó a szenzor tevékenységében a következőket szimulálhatja:

- az analóg kimenetek beállítása
- elindítja a burst üzemmódot a SAS3 kísérletben,
- elindítja a burst üzemmódot a CORES kísérletben,
- a kísérletek tápfeszültségét ki / bekapcsolja,
- be / ki parancsot küld a DFM2 kísérletnek,
- teszt parancsokat küld a CORES kísérletnek,
- parancsokat és paramétereket küld a LP1, LP2, DP1, DP2 kísérleteknek,
- a rádiócsatorna láthatóságát beállítja.

A fogadott adatokat a EGSE megjeleníti. Minden adatforrás külön ablakban jelenik meg. A megjelenítés szervezése úgynevezett tabulátor panelben (tabpanel) történik. Az adatfolyamok a következők:

- lassú telemetria, analóg mérés,
- bit soros adatok,
- az amatőr rádiós csatorna és
- on-board Ethernet.

A szenzorok vezérlése (ki / be; szenzorok működési módjainak vezérlése: burst, teszt) nyomógombok segítségével történik. Különböző paraméterek küldése a szenzoroknak külön panelből kezdeményezhető és külön panel áll rendelkezésre (hexadecimális formában), amelyen az üzenetek az érzékelők felé megszerkeszthetők.

5 Összefoglalás

Az úridőjárás vizsgálatát végző Obszhanovka kísérlet számára kidolgoztam azt a kis fogyasztású, kisméretű, nagy megbízhatóságú elosztott intelligenciájú, három számítógépet tartalmazó fedélzeti számítógéprendszert, amely a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén működik, két egysége kint a világűrben, egy pedig az űrállomáson belül. A számítógépek tizenegy szenzort vezérelnek, azoktól a mérési adatokat fogadják és továbbítják a Földre. A rendszer megbízhatóságát növeli a három számítógép alkalmazása. A fedélzeti számítógéprendszer szoftverét úgy választottam meg és dolgoztam ki, hogy a szenzoroktól érkező adatokat a szükséges időzítéssel képes legyen fogadni.

A rendszer kialakítása során kidolgoztam módszert a mért értékek mérési helyének rekonstruálhatóságára és a rendelkezésre álló merevlemez kapacitásának hatékony kihasználására. A telemetria csatornák korlátozott kapacitása által jelentett problémára is megoldást dolgoztam ki, kiválasztottam a szakirodalom alapján az űrutazás jelentette igénybevételre alkalmas merevlemezt. A kiválasztás során törekedtem a kis fogyasztásra. Merevlemez mérete 2,5"-os és ehhez kivehető keretet és speciális, a szállítást lehetővé tevő konténert fejlesztettem. A konténer a gyorsulás és indulás során fellépő vibrációt mérsékli a merevlemezek felé.

A elosztott intelligenciájú, három számítógépet tartalmazó fedélzeti számítógéprendszer ellenőrzésére, a szenzorok szimulálásra többprocesszoros számítógép architektúrát dolgoztam ki. Az ezen futó szoftver alkalmas a szenzoroktól érkező adatok megfelelő időzítéssel történő előállítására, illetve támogatja a szenzorok bemérését, az ISS-ről leérkező adatok megjelenítését.

5.1 Az új tudományos eredmények összefoglalása

- 1) Új architektúrájú űrkutatási célú fedélzeti számítógépes rendszert dolgoztam ki és alkalmaztam az úridőjárás jellemzőinek mérésére. A kidolgozott architektúra elosztott intelligenciájú, többprocesszoros, amely lehetővé teszi a szükséges számítási teljesítmény megnövelését, optimalizálását, redundanciát visz be a rendszerbe, megnövelve ezáltal a megbízhatóságot és lehetővé téve a szenzorok több mérőágban történő csoportosítását, amely a szenzorok közti zavarójelek, áthallások csökkentését is biztosítja. Az egymással kommunikáló processzorok között a feladatok meg vannak osztva, a feladatok az űrhajó fedélzeti rendszereivel való kommunikáció, a mérőágakban adatgyűjtés, az egyes mérőágak vezérlése, a lokálisan mért adatok előfeldolgozása és a mért adatok tárolása, továbbítása a Földre [A25], [A28], [A29], [A38], [A40], [A41], [A43].
- 2) Eljárást dolgoztam ki a mérési adatok kódolására, lehetővé teszi a mérés helyének visszaállíthatóságát. Mivel a tudományos adatok kiértékelésénél alapvetően fontos információ a mérés helye, de GPS koordináták nem állnak rendelkezésre, ezért eljárást dolgoztam ki arra, hogy az eltárolt adatformátumból vissza lehessen állítani a mérés helyének koordinátáit. Az eljárás azon alapul, hogy a fedélzeti számítógép lekérdezhető órája megfelelő pontossággal megadja az időt, és a fedélzeti órához szinkronizálva folyamatosan rendelkezésre áll egy hasonló pontosságú 1 s-ként kiadott impulzus. A számítógépes rendszer belső órái átlagosan naponta egyszer kapják meg a fedélzeti

számítógéptől a pontos idő értékét, időközben pedig folyamatosan az 1 s nagy pontosságú impulzushoz szinkronizálom a számítógéprendszer óráit. A megbízhatóság növelése érdekében az 1 s-es impulzust redundáns módon vezetem a számítógép rendszerünkre. A mérési adatokban eltárolt időinformáció és a pályaadatok összevetésével kielégítő a mérés helyének visszaállíthatósága, mintegy 8 km-es pontossággal [A40], [A43].

- 3) Eljárást dolgoztam ki a rendelkezésre álló tárhely hatékony, dinamikus kihasználására, amely az intelligens szenzorokhoz rendelt terület nagyságát dinamikusan változtatja.. A tároló területe korlátozott, amely a mérés kezdetén egyenlő nagyságú napi kvótákban rendelem az egyes szenzorokhoz. Ha egy szenzorhoz rendelt napi tároló terület megtelik, akkor azon a napon a szenzortól érkező adatok további tárolására nincs lehetőség. Mivel az egyes szenzoroktól érkező adatmennyiség változó és nem ismert előre, továbbá egyes szenzorok „érdekes esemény” bekövetkeztekor átkapcsolnak nagyobb mérési gyakoriságú működésre, a szenzorokhoz rendelt terület nagyságát olyan módon illeszttem az adatgyűjtés igényeihez, hogy az egyes napok végén a szenzorokhoz rendelt tároló területet a szenzoroktól érkező adott napi adatmennyiség alapján rendelem a szenzorhoz a következő napon, azaz a tároló terület kiosztásakor követem a szenzoroktól érkező adatmennyiség igényét [A40], [A43].
- 4) Az adatok Földre történő továbbítására kidolgoztam egy 2,5”-os cserélhető merevlemez tárolóegységet. A mérési adatok Földre történő továbbítására, több kommunikációs csatorna áll rendelkezésre, központi telemetria, BITS, amatőr rádió nevű csatorna, de korlátozott kapacitással. A földi irányító központ által adott parancsra ezeken a mérési eredményeknek kis része továbbítható a Földre. Az adatok továbbítására kifejlesztettem egy 2,5”-es cserélhető PATA buszos HDD tárolóegységet a fedélzeti számítógéphez a szállításhoz szükséges speciális szállítódobozzal [A40], [A43].
- 5) Kidolgoztam az elvégzendő teszt feladatok megoldására egy több processzoros számítógép architektúrát, amely a fedélzeti rendszeren kívül a mérést végző szenzorokat is szimulálja. Az űrkutatási fedélzeti számítógép rendszer tesztelésére, bemérésére, kidolgoztam azt a több processzoros számítógép architektúrát, amely beágyazott és kommerciális számítógépből áll, a fedélzeti rendszerek és szenzorok működését szimulálja és alkalmas a tesztelés során történő sokoldalú kiértékelésére, illetve a repülés során kapott adatok feldolgozására is [A24], [A30], [A34], [A36], [A39,] [A42], [A43].

5.2 A várható eredmények és azok felhasználása

Az intézetünk űrfizikai csoportjának munkatársai részt vesznek a Naprendszer és a Föld környezetének kutatásában. A missziók elsődleges adataihoz akkor jutnak hozzá, ha intézetünk is bekapcsolódik az ezek létrehozása során felmerülő hardverfejlesztésekbe. Az űrkutatás a technikai háttér fejlődésével, új mérőberendezések létrehozásával a korábban megszerzett ismereteket bővítheti. A Földet és a földi életet befolyásoló változások nyomon követése –

gondoljunk itt a klímakutatásokkal kapcsolatos missziókra - és kozmikus környezetünk minél jobb megértése sok olyan fontos információhoz jutatja a tudományt, amely mindennapi életünket is befolyásolja. Az űrkutatás során mérnökeink számos élvonalbeli technológiát igénylő feladat megoldásában szereztek konvertálható tapasztalatokat.

Az Obszhanovka adatainak kiértékelése folyamatban van, de megemlítek néhány érdekes eredményt. A Földtől való nagy távolság ellenére az energia ellátó hálózatok 50 vagy 60 Hz-es jele megjelenik az elektromos és mágneses jelek spektrumában a Föld felett repülve.

Az űrhajó teste és a plazma környezete között potenciálkülönbség vizsgálata során megállapították, hogy ez 0V és -25V között változik. A különbség mindig negatív, amit a repülés alatt erősen befolyásol az esetleges napfogyatkozás vagy a geomágneses viharok a Föld magas mágnesztoszférájában [42].

A mágneses jelenségek vizsgálatával kapcsolatban az eredményeket az [A41] cikkben publikálták az adatok feldolgozása és kiértékelése után. Dél-Amerika felett repülve olyan erős és gyorsan változó mágneses jelenségeket sikerült megfigyelni, amelynek kutatják a kiváltó okát.

A villámlások a Föld környezetében elektronikus zavarjeleket, whistlereket keltenek, amelyek belépve az ionoszférában és mágnesztoszférába nagy távolságokra terjednek a Föld körül. A whistlerek terjedésének vizsgálatával, amely az Obszhanovka feladata, hozzájárul a felső légkör kutatásához [43], [44].

Köszönetnyilvánítás

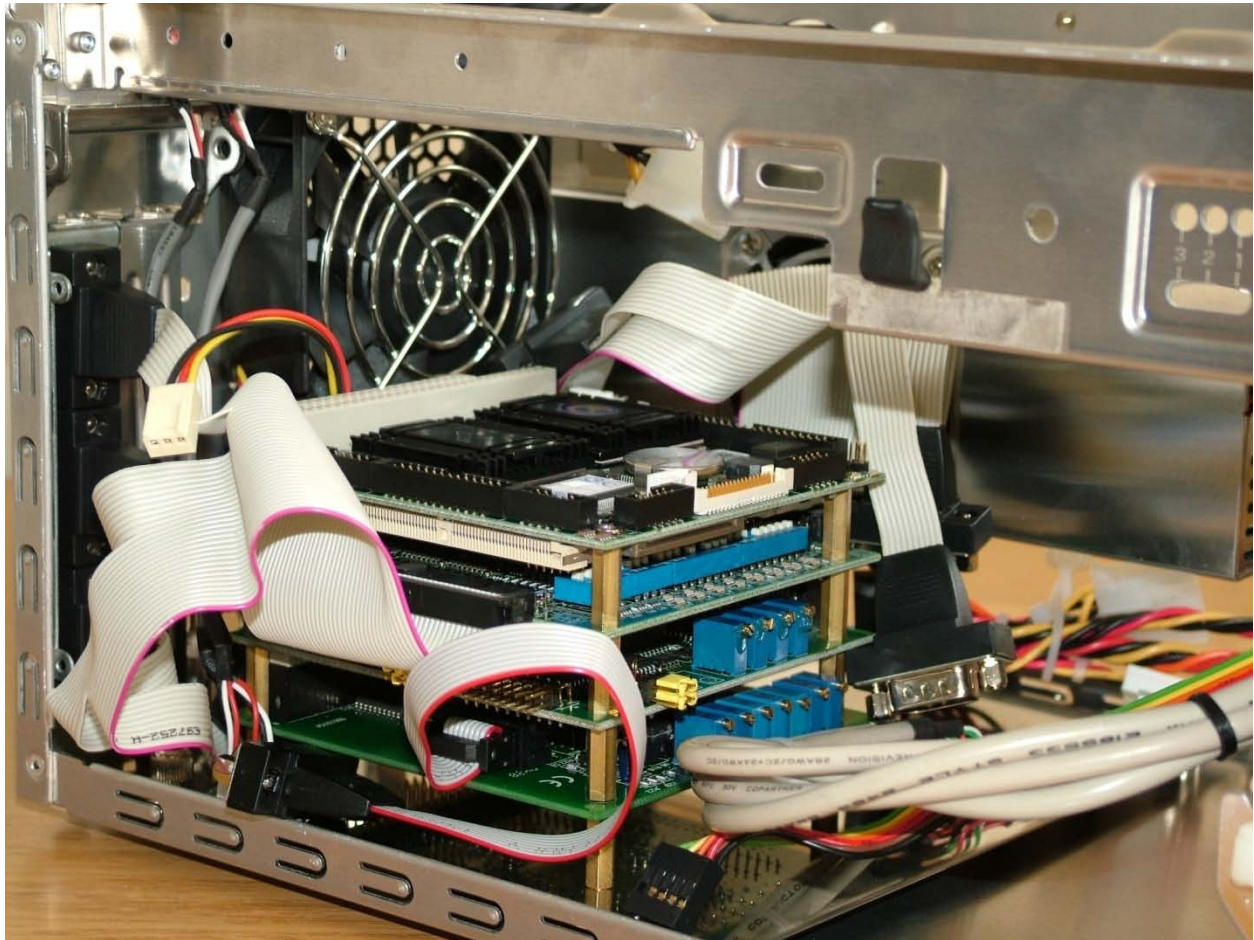
Az Obsztanovka berendezés, amelynek témavezetője voltam több kollégám közreműködésével készült. A hardver és szoftver fejlesztésekben, tesztmérésekben részt vettek Szalai Sándor, Balajthy Kálmán, Lipusz Csaba, Horváth István és Sódor Bálint.

A mechanikai egységek elkészítését Endrőczi Gábor és Tanka Tíbor végezte, a szerelési munkákat Peske Jánosné készítette.

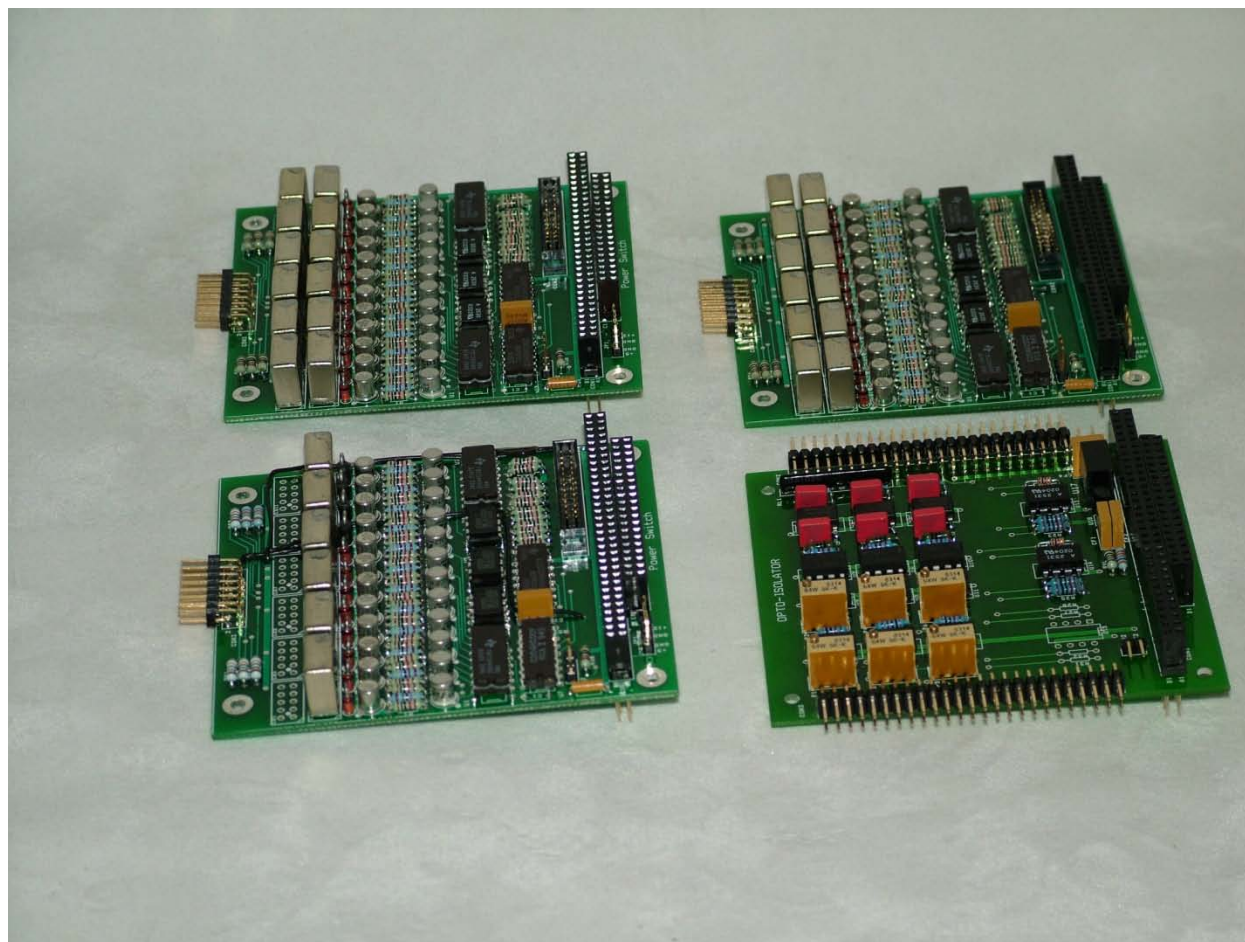
Köszönöm Dr. Molnár András konzulensnek a dolgozat elkészítése során adott számos hasznos tanácsát és segítségét.

Függelék

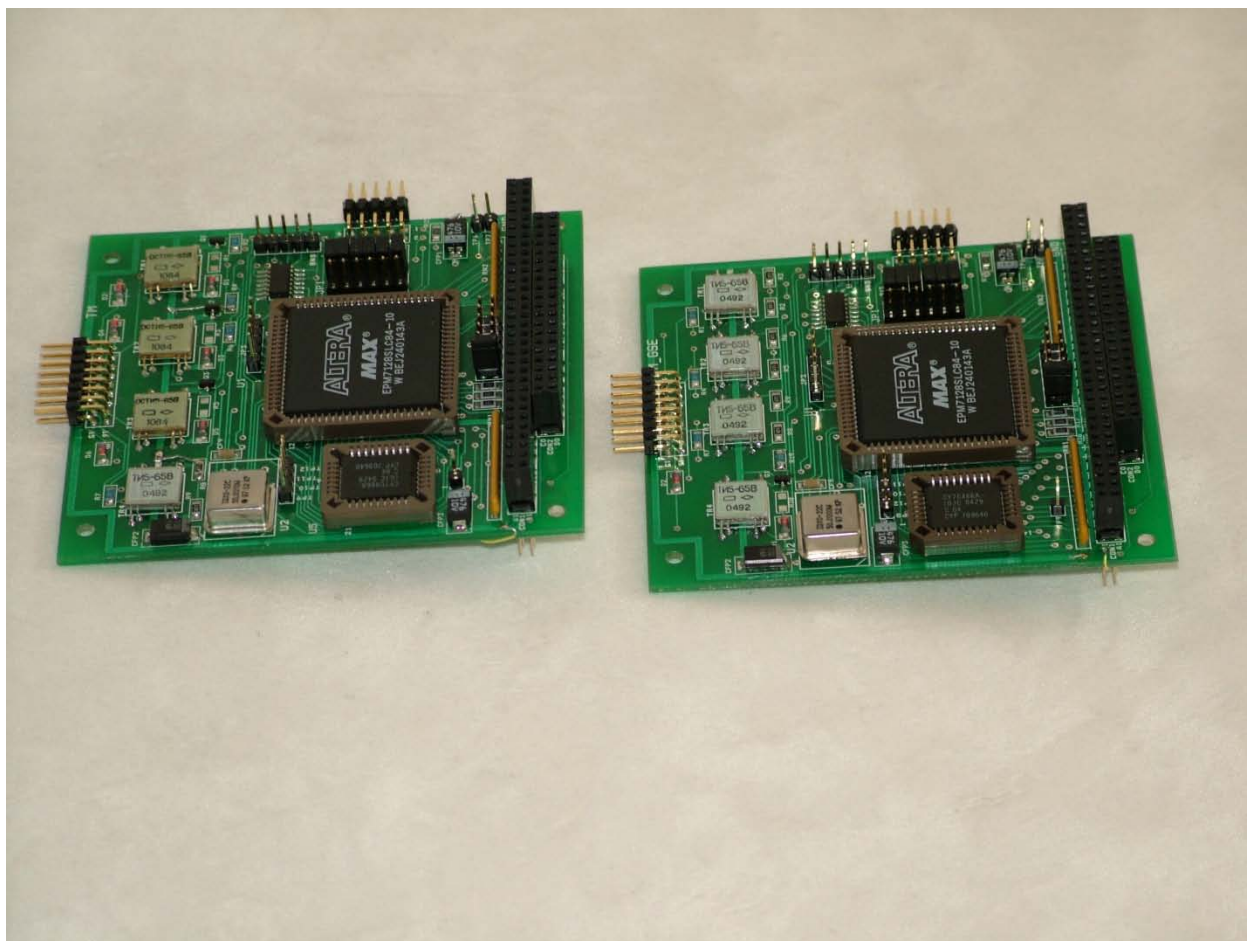
Függelék 1. A saját fejlesztésű kártyákról és az elektronikáról készült fotók



a. ábra. Szerelés. közben az EGSE.



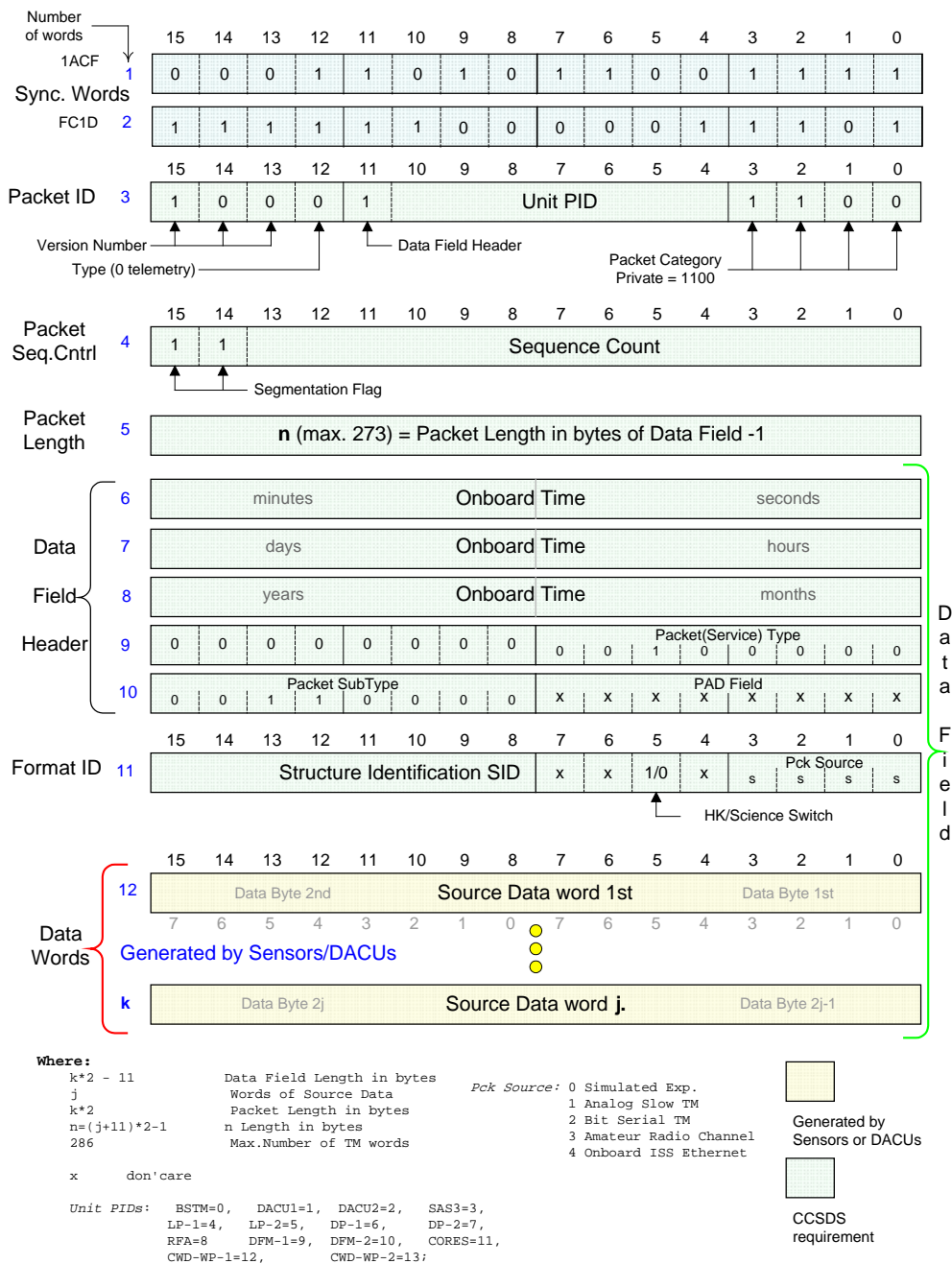
b. ábra. AZ első három tápegység kártya orosz gyártmányú kapcsoló reléekkel, amelyek a kísérletekre a táplálást kapcsolják. A negyedik kártya analóg leválasztással a fedélzeti OMTS telemetria felé a housekeeping adatokat továbbítja..



c. ábra. A BITS interfész illesztő kártyái

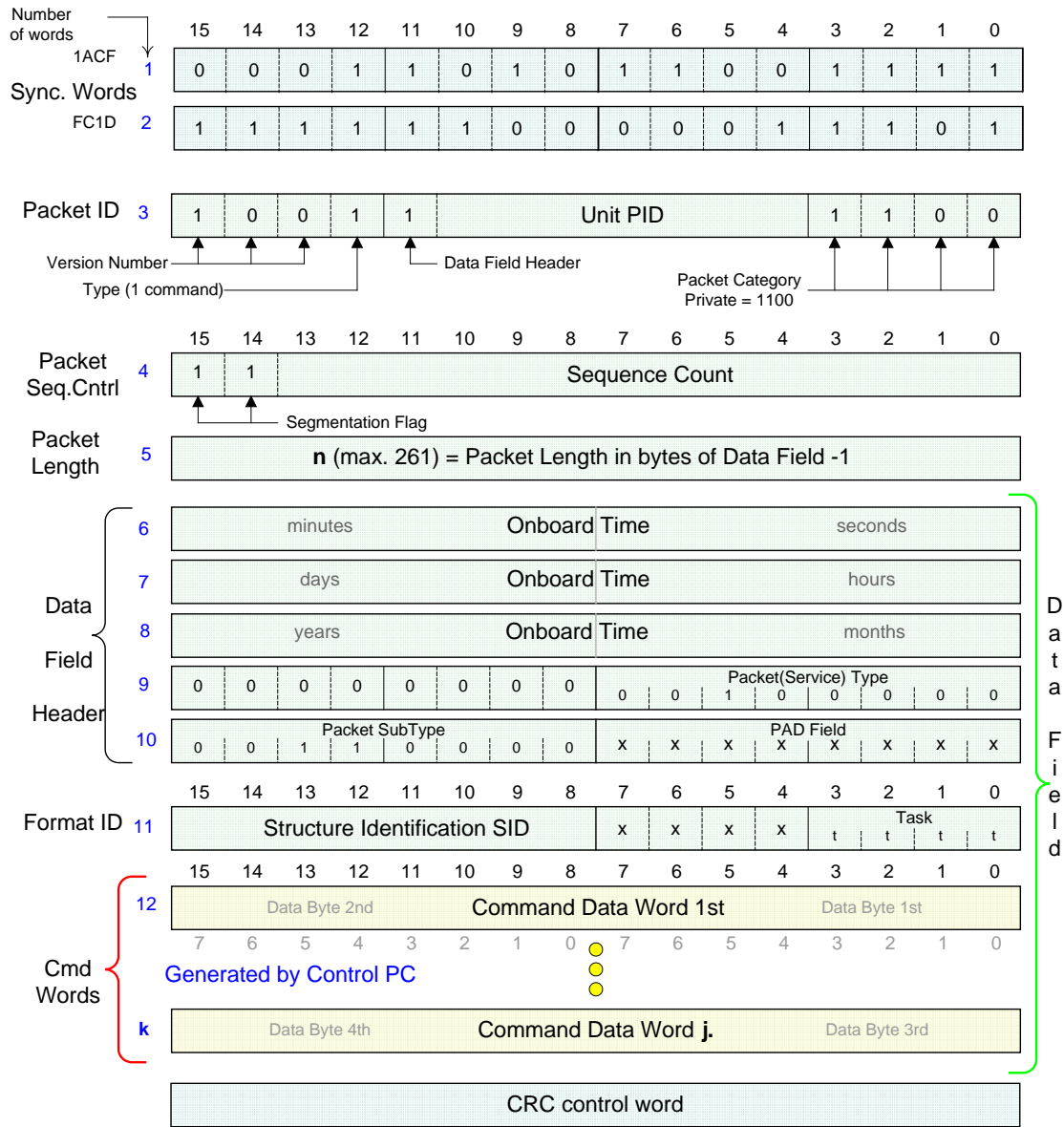
Függelék 2. A TM és TC csomagok formátuma

Az adatformátum struktúrája a CCSDS szervezet ajánlását követi. A telemetria és telecommand csomagok formátumát a következő két ábra mutatja be. Az eszköz specifikus paramétereket a szenzorok leírásában lehet megtalálni.



Composition of TM Packets

a. ábra. A TM csomagok formátuma



Where:

$(k-3)*2$ Data Field Length in bytes
 $j = (((k-3)-6)*2)-1$, Bytes of Source Data
 $n = ((k-3)*2)-1$, Packet Length in bytes
 $n = j*2+12-1$, Packet Length in bytes
 x don't care

Unit PIDs: BSTM=0, DACU1=1, DACU2=2, SAS3=3, LP-1=4, LP-2=5, DP-1=6, DP-2=7, RFA=8, DFM-1=9, DFM-2=10, CORES=11, CWD-WP-1=12, CWD-WP-2=13;

Task:

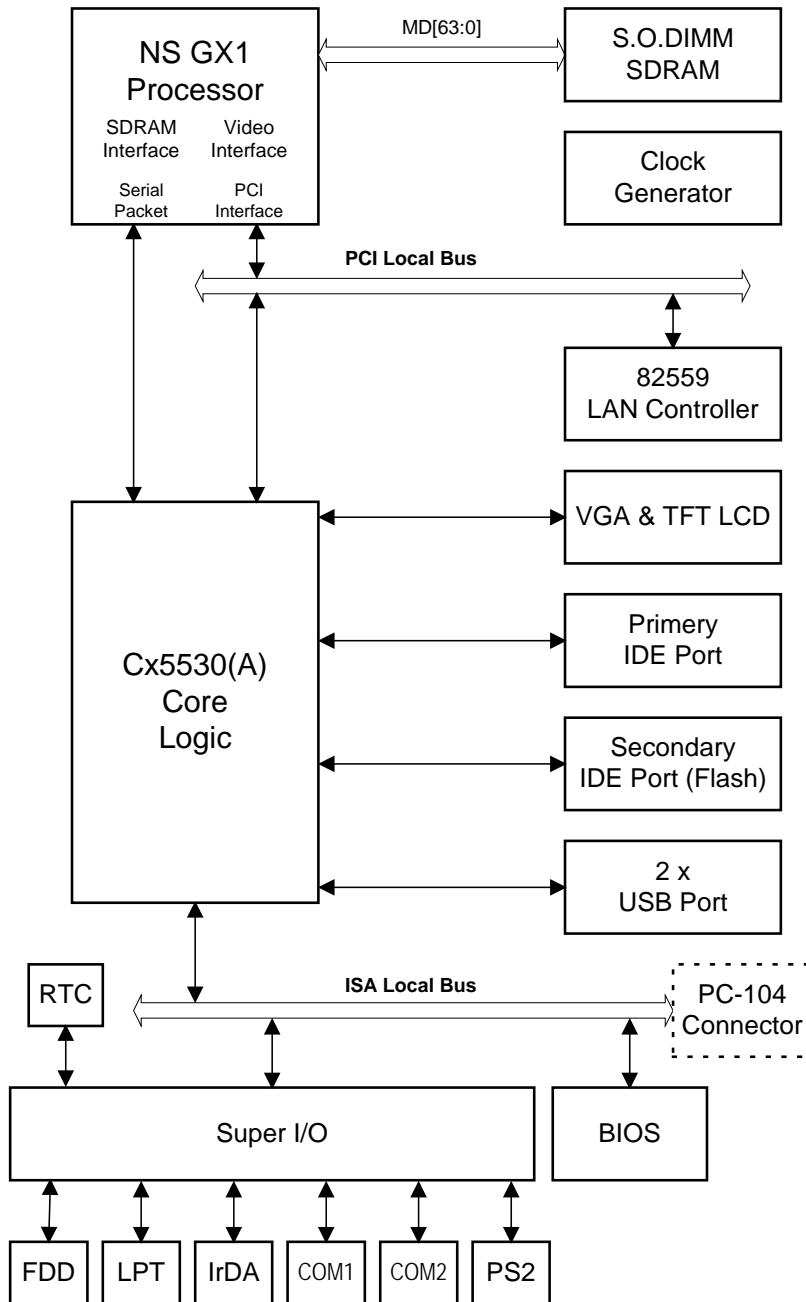
- 0 Command & parameters + DW(s)
- 1 Set analog outputs
- 2 Activate Burst Mode CORES
- 3 Activate Burst Mode SAS3
- 4 Power On/Off (> DB1)
 - 0 Off, 1..0xFF On
- 5 Test On/Off (> DB1)
 - 0 Off, 1..0xFF On
- 6 Test Command with DW(s)
- 7 Set Visibility DB1 & DB2
 - DB1: On/Off - 1/0
 - DB2: 2 Bit Serial;
 - 3 Amateur Radio
 - 4 Onboard Ethernet
 - 8 Load Simulated Science Data

Command Words
 CCSDS requirement

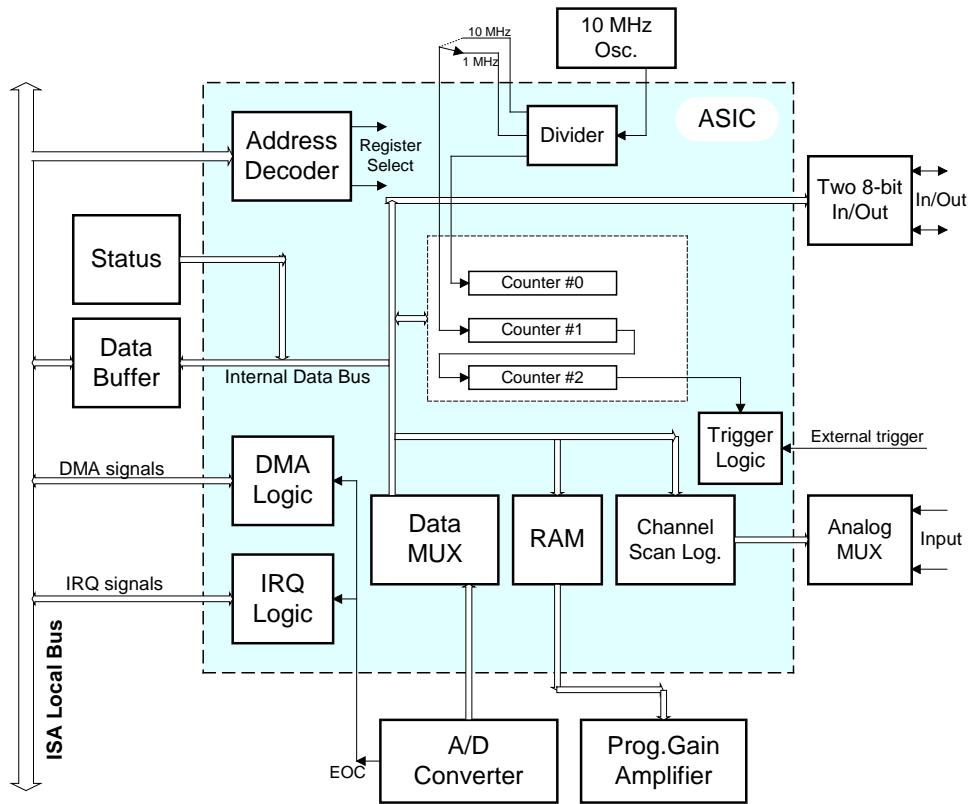
Composition of Command Packets

b. ábra. A TC csomagok formátuma

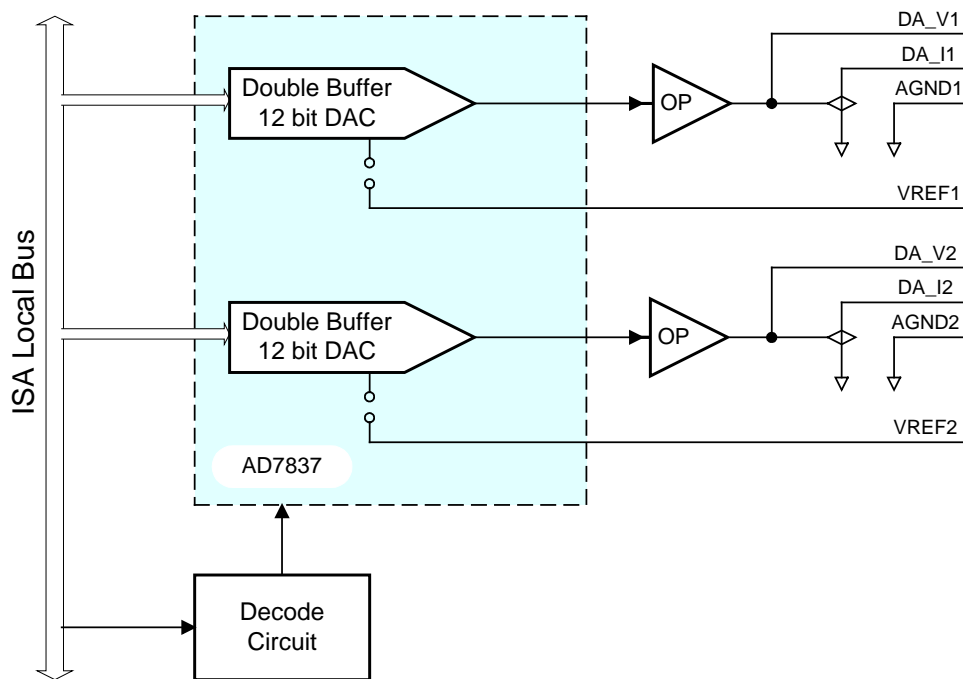
Függelék 3. Az EGSE beágyazott processzoros egység kártyáinak blokkvázlata



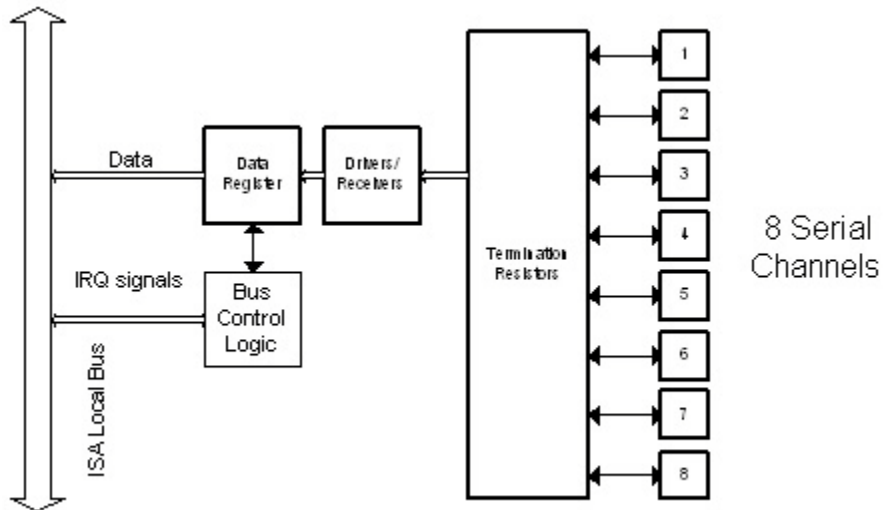
a. ábra. A PCM-3350 processzor kártya,



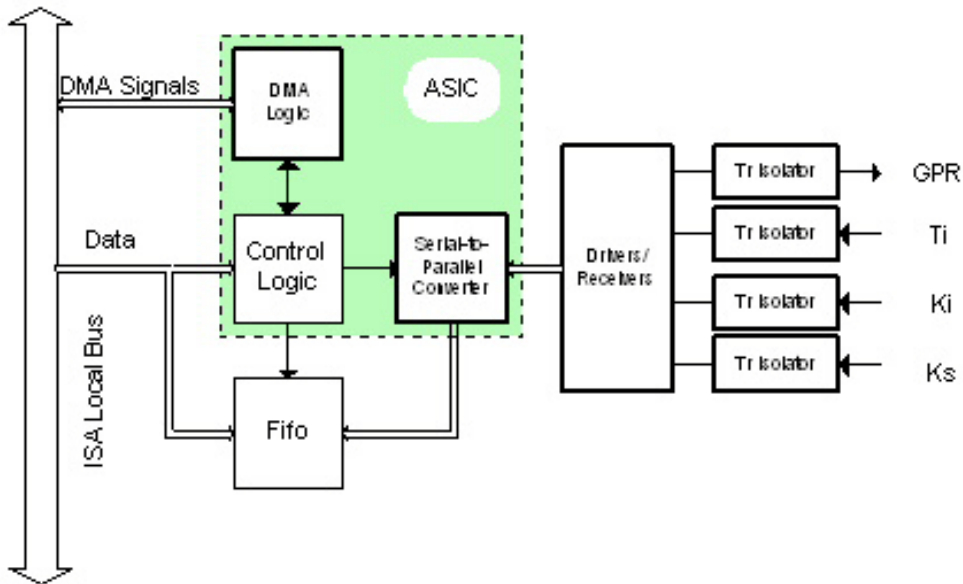
b. ábra. PCM-3718-HG16 bemenetű 12 bites t analóg-digitál konverter kártya



c. ábra. A PCM-3712 két csatornás analóg kimenetű digitál-analóg konverter kártya



d. ábra csatornás RS422 soros interfész kártya



e. ábra. BITS kártya

Függelék 4. A Szenzorok interfész felületeinek jellemzői

UNIT	INSTRUMENT		VOLTAGE, POWER	DATA FLOW	INTERFACE	INPUT PARAM.	OUTPUT PARAM. (NUMBER, FORMAT)	House- keeping	ADDITION REQUIREMENTS	Daily Data Quota
CWD1	CWZ-WP	LC ISR, Ukraine	28 V, 0.25 W	Sampling rate max. 50 kHz for three signals sampling algorithm	Analog in	Bac, Jac, Uac, Udc	4x16 bit $\pm 2V$	Power good + Hk status	AC EMC req.	100 Kbyte-10 Mbyte
	DFM1	IKI RAS, Russia	28V 0.5W		Analog in	11 analog par	0V to +5V	Power good + Hk status	DC magnetic req.	10-50 Kbyte
	LP1	STIL BAS, Bulgaria	28V 1.5W	38400 Baud rate	RS422			Power good + Hk status	Mounting place	10-50 Kbyte
	DP	ISR BAS, Bulgaria	28V 1.5W	38400 Baud rate	RS422			Power good + Hk status		10-50 Kbyte
	SAS3	ELTE – BL Electronics Kft.	28V 3W	300 MB/day	Ethernet		Digital frames	Power good + Hk status		1-50 Mbyte
CWD2	CWZ-WP	LC ISR, Ukraine	28 V, 0.25 W	Sampling rate max. 100 kHz for the one signals sampling algorithm	Analog in	Bac, Jac, Uac, Udc	4x16 bit $\pm 2V$	Power good + Hk status	AC EMC req.	100 Kbyte-10 Mbyte
	DFM2	LC ISR, Ukraine	28V 0.2W	38400 Baud rate	RS232			Power good + Hk status	DC magnetic req.	10-50 Kbyte
	LP2	STIL BAS, Bulgaria	28V 1.5W	38400 Baud rate				Power good + Hk status	Mounting place	10-50 Kbyte
	DP	ISR BAS, Bulgaria	28V 1.5W	38400 Baud rate	RS422			Power good + Hk status		10-50 Kbyte
	RFA	SISP, Sweden; SRC PAS, Poland	28V 5W	19200 Baud rate	RS422			Power good + Hk status		10-50 Kbyte

a. táblázat. A szenzorok fontosabb tulajdonságai

Irodalomjegyzék

- [1] *Space experiment* (online letöltés 2016.07.12.): "*OBSTANOVKA 1-st stage" on Russian Segment of ISS* <http://iki.rssi.ru/obstanovka/eng/index.htm>
- [2] S. Klimov, V. Korepanov (2004): The "Obstanovka" experiment aboard the international space station *Kosmichna Nauka i Tekhnologiya* (ISSN 1561-8889), Tom 10, (2/3) pp. 81 – 86.
- [3] B. Kirov (2010): An instrument for measuring the near-surface plasma temperature and concentration, and the surface charging of the international space station, *Sun and Geosphere*, 5(2) pp. 76-80.
- [4] A. Balázs, J. Biró, S. Szalai (1992): Transputer based onboard computer. Proc. of 1st Austrian-Hungarian Workshop on Transputer Applications, Sopron, Hungary; KFKI-1992-34/M, N; pp. 107-117 October 8-10.
- [5] A. Balázs, J. Biró, S. Szalai (1994): Onboard computer for the Mars-96 rover. *2nd International Symposium on Missions Technologies and Design of Planetary Rovers*, 15-21 May, Moscow előadás
- [6] A. Balázs, J. Biró, M. Kolesnik, Zs. Németh, S. Szalai (1994): Onboard Computer for Planetary Rover in Proceedings of the 2nd Austrian-Hungarian Workshop on Transputer Applications, Budapest, 1994. pp. 144-155.
- [7] Langmuir probe (online letöltés 2016.07.12.): https://en.wikipedia.org/wiki/Langmuir_probe
- [8] R. Behlke (online letöltés 2016.07.12.): Solar radio bursts and low frequency radio emissions from space IRF Scientific Report 275 2001 ISSN 0284-1703, pp. 1-50.
- [9] J. Bergman (online letöltés 2016.07.12.): *FIRST – A space-borne low-frequency radio observatory using passive formation flying*. In *European Week of Astronomy*, Conference, University of Hertfordshire, UK, 20-23 April 2009. pp. 1-11.
- [10] R. Karlsson (2005): Theory and applications of three-axial electromagnetic field measurements, *Acta Universatis, Uppsala*, pp. 308-312.
- [11] H. Rothkaehl, M. Morawski, W. Puccio, J. Bergman, S. Klimov (2011): Diagnostics of Space Plasma on Board International Space Station - ISS, *Plasmaphysik* 51(2-3): pp.158 – 164.
- [12] S. Belyayev, V. Pronenko, N. Ivchenko, Ye. Zakharchuk, V. Korepanov (online letöltés 2016.07.12.): Miniature sensors for cubesats scientific missions, Conference: 8th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation, Berlin, Germany, April 4-8, 2011 pp. 1-8.
- [13] Å. Forslund, S. Belyayev, N. Ivchenko, G. Olsson, T. Edberg, A. Marusenko (2007): Miniaturized digital fluxgate magnetometer for small spacecraft applications, *Article in Measurement Science and Technology* 19(1):015202 · December · DOI: 10.1088/0957-0233/19/1/015202, pp. 1-10.

- [14] Ferencz Cs., Lichtenberger J., E. Ferencz O., Hamar D., Bodnár L., Steinbach P. Korepanov V., Mikhajlova G., Mikhajlov Y., Kuznetsov V. (2008): A SAS2 ULF-VLF elektromágneses hullám elemző műszer a Kompas-2 műhold fedélzetén Híradástechnika 2008/4 63. évfolyam pp. 15-23.
- [15] Ferencz Cs., E. Ferencz O., Hamar D., Lichtenberger J., Steinbach P.(2004): Az elektromágneses hullámterjedési mérések és modellek szerepe az űrkutatásban Híradástechnika 2004/5 59. évfolyam pp. 25-29.
- [16] V. Korepanov and OBSTANOVKA team (2006): International Space Station: Study of Near-Surface Environment IAC-06-B4.3.09.pd
- [17] F. Dudkin, V. Korepanov, G. Lizunov (2009): Experiment variant – first results from wave probe instrument, Advances in Space Research June 43(12): pp. 1904-1909.
- [18] Seferiadis, G, Pouchet, M and Gough, M P (online letöltés 2016.07.12.): (2005): *Microchannel Plate Position read-out system using Field Programmable Gate Arrays*. Reviews of Scientific Instruments, 76. 063305-1. ISSN 0034-6748
- [19] Seferiadis, G, Pouchet, M and Gough, M P (2006) *FPGA implementation of a delay-line readout system for a particle detector*. Measurement, 39 (1). pp 90-99. ISSN 0263-2241
- [20] (online letöltés 2016.07.12): Felbontás - katasztrófa-előrejelzés űrkutatási módszerekkel; Bohus Anita http://greenfo.hu/hirek/print/2006/07/31/felbontas-katasztrofa-elorejelzes-urkutatasi-modszerekkel_1154325619 online letöltés 2016.07.12
- [21] Almár I., Both E.,(2004): A Magyarországi Űrtevékenység Dióhéjban Fizikai Szemle 2004/3. pp. 73.
- [22] (online letöltés 2016.07.12): International Space Station, https://en.wikipedia.org/wiki/International_Space_Station
- [23] (online letöltés 2016.07.12): https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html
- [24] (online letöltés 2016.07.12): <http://www.airspacemag.com/space/rare-look-russian-side-space-station-180956244/?no-ist>
- [25] Hirn A. (online letöltés 2016.07.12): Dózismérő műszer fejlesztése a Nemzetközi Űrállomás orosz szegmensére, http://www.urvilag.hu/hazai_kutatohelyek_es_uripar/20080427_dozismero_muszer_fejlesztese_a_nemzetkozi_urallomas_orsz_szegmensere_2008.04.27
- [26] Hirn A. (2009): Űrdozimetriai műszerek fejlesztése, PhD értekezés BME
- [27] [szerző] (2006): A miskolci űrkemence, In: Mert, A Miskolci Egyetem közéleti és kulturális lapja 8 (103) [on line].

- [28] (online letöltés 2016.07.12): Kognitív idegtudományi kísérletek; <http://www.ttk.mta.hu/intezetek/kognitiv-idegtudomanyi-es-pszichologiai-intezet/kiserleti-pszichologiai-osztaly/>
- [29] N. Bournejko (2005): On data transfer between Obstanovka and BITS, Energia RKK dokumentum pp. 1-5.
- [30] (2001): General technical requirements for hardware and equipment, international space station russian segment, S.P. Korolov Rocket and Space Corporation Energia, belső anyag, pp 1-107.
- [31] (online letöltés 2016.07.12): PC/104 Specification; <http://pc104.org/hardware-specifications/pc104/>
- [32] (2008): AMD Geode™ LX Processors Data Book, May 2008 Publication ID: 33234G
- [33] (online letöltés 2016.07.12): Network Time Protocol; <https://en.wikipedia.org/wiki/Ntpd>
- [34] S. Guglielmo S. Aglieti, L. Gomes, A. Curlei (online letöltés 2016.07.12): Hard Disk Drive for Spacecraft Application, , IAC-06-B5.602 pp. 1-5.
- [35] (online letöltés 2016.07.12): ntpd - Network Time Protocol (NTP) daemon] <http://linux.die.net/man/8/ntpd>
- [36] A. Felix, S. Toro (online letöltés 2016.07.12): Qualification of Electrical Ground Support Equipment for New Space Programs, 2011 <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110014388.pdf>
- [37] M. Jones (1998): TEAMSAT's Low-Cost EGSE and Mission Control Systems esa bulletin 95 — August 1998
- [38] (2005): EGSE Overall Requirements Specifications, EADS Astrium Limited, 2005
- [39] (online letöltés 2016.07.12): Spacecraft Navigation, <https://solarsystem.nasa.gov/basics/bsf13-1.php>
- [40] T. Martín Mur, J. Dow (online letöltés 2016.07.12): Satellite Navigation Using GPS <http://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet90/b90mur.htm> Orbit Attitude Division, European Space Operations Centre (ESOC), Darmstadt, Germany
- [41] (online letöltés 2016.07.12): https://www.nasa.gov/pdf/167129main_Systems.pdf The Main System of ISS
- [42] B. Kirov, S. Asenovski, D. Bachvarov, A. Boneva, V. Grushin, K. Georgieva, S. Klimov (2015): Langmuir Probe Measurements Aboard The International Space Station Conference Paper · Oct 2015
- [43] Lichtenberger, J., Ferencz, Cs. (online letöltés 2016.07.12): A Szférák zenéje és az űridőjárás, Magyar Tudomány <http://www.matud.iif.hu/2012/12/04.htm>
- [44] S. Klimov, V. Grushin, D. Novikov, M. Dolgonosov, V. Gotlib, V. Pilipenko, K. Georgieva, B. Kirov, Cs. Ferencz, H. Rothkaehl, V. Korepanov, S. Belyayev, A. Marusenkov, D. Dudkin,

- V. Pronenko, P. Szegedy (online letöltés 2016.07.12): Study of electromagnetic parameters of space weather in the ionosphere. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-10817, 2016 <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-10817.pdf>
- [45] Jéki L. (2006): A Központi Fizikai Kutatóintézet Természet Világa különszáma pp. 79-84.
- [46] O. Montenbruck, M. Markgraf, M. Darcia-Fernandez, A. Helm (2007): GPS for microsattelites – Status and Perspectives., 6th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation, Apr. 23-27 Berlin
- [47] S. Klimov, V. Rodin, L. Zelenyi, V. Angarov (2007): Development of the method of the creation of micro-satellite (~50 kg) platforms for the fundamental and applied research of the earth and near-earth outer space, 6th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation Apr. 23-27 Berlin
- [48] H. Venus (1996): A Scaleable and Low Power High Performance On-Board Data Processing System including Solid State Mass Memory, 1th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation Nov.. 4-8 Berlin
- [49] M. Purucker, B. Langlais,, N. Olsen, G. Hulot, M. Mandea (2002): The southern edge of cratonic North America: Evidence from new satellite magnetometer observations, Geophys.Res.Lett., 29(15), 8000, doi:10.1029/2001GL013645, 2002 [part of a special issue on results from the Ørsted satellite. Plate 3 from this paper is the cover of a special Ørsted issue on August 1, 2002 (Issue #15).
- [50] Szalai S., Balázs A.(2004): A Rosetta Lander központi vezérlő és adatgyűjtő számítógépe, Híradástechnika 2004/5 vol LIX pp. 34.36.
- [51] A. Balázs, A. Baksa, H.Bitterlich, I. Hernyes, O Küchemann, Z. Pálos, J: Rustenbach, W. Schmidt, P. Spanyol, J. Sulyán, S. Szalai, L. Várhalmi (2016): Command and data management system (CDMS) of the Philae lander, Acta Astronautica 125 pp. 105-117.

Cikkek és szabadalmak:

- [A1] Nagy J., Sándor M., Szalai S., Takács P. (1981): Eljárás és berendezés analízator tároló kétirányú adatforgalmának kialakítására Magyar Szabadalom MA-3266 179240
- [A2] Hernyes I., Nagy J., Szalai S., Takács P., Zimányi Z. (1981): Eljárás és berendezés CAMAC modul utasításjeleinek dekódolására funkcionális részegységhez Magyar Szabadalom 826/81 181640
- [A3] Erdélyi Gy., Hernyes I., Kanyó M., Körössy T., Nagy J. (1981): Eljárás és berendezés szinkron számlálóláncok sebességének növelésére Magyar szabadalom 3927/81 183763

- [A4] Balázs A., Hernyes I., Kovács G., Nagy J., Szalai S., Takács P., Rusznyák P., Szentpétery I. (1983): Áramköri elrendezés vezérlőjelek előállítására funkcionális részegységhez Magyar szabadalom 4404/83
- [A5] Hernyes I., Nagy J., Riecsánszky L., Szalai S., Dabolczy L., Molnár G., Paál A. (1984): Áramköri elrendezés legalább egy változtatható felbontású analóg-digitál átalakító adatainak feldolgozására egy analízátor memóriával Magyar szabadalom 1946/84 89894
- [A6] Nagy J., Szalai S. (1981): A programozható logikai mátrixok, Mérés és Automatika 1981. 3. szám
- [A7] Kozma Gy., Nagy J., Szabó L., Szalai S., Sándor M., Hernyes I. (1980): Univerzálnej programmátor sz mikroprogramnim putyom (Russian) X. International Symposium on Nuclear Electronics, Dresden, April 10-16, 1980
- [A8] I. Hernyes, J. Nagy (1981): Bipolar PROM's make versatile CAMAC instruction decoders, Electronics, Dec. 29. 1981.
- [A9] T. Ábrahám, J. Bakos, Gorbunov, A. Zarándy, P. Ignác. Zs., Mezei, J. Nagy, J. Szigeti, I. Szkoszireb, T. Csisztyakov, Zs. Sörlei (1984): Szubmilimetrovij lazernij interferometr na usztanovke TOKAMAK-7 (Russian) Submillimeter laser interferometer for TOKAMAK-7
- [A10] J. Nagy (1985): 16k CAMAC Analyser Memory Module for Data Acquisition with Four ADCs with Variable Conversion Gain Nuclear Methods in Physics Research A41 1985. pp. 610-611.
- [A11] G. Molnár, J. Nagy J (1985). Multiplexing spectroscopy AD converters, Electronic Engineering, October 1985
- [A12] J. Nagy, A. Zarándy (1988): Camac Developments for Nuclear Spectroscopy Nuclear Methods in Physics Research, A264, 1988, pp. 21-522.
- [A13] J. Nagy, A. Zarándy (1985): New CAMAC Developments for Nuclear Spectroscopy in the Central Research Institute for Physics XII. International Symposium on Nuclear Electronics, Dubna, 2-6 July, 1985.
- [A14] J. Nagy, A. Zarándy (1988): Multichannel Analyser Developments in CAMAC XIII. International Symposium on Nuclear Electronics, Warna, September 12-18, 1988.
- [A15] Nagy J., Takács P., Várhalmi L., Dabolczy L., Molnár G.: Áramköri elrendezés analízátor-tároló többcsatornás multiscaling és multispectrum üzemmódjainak megvalósítására Magyar Szabadalom 2987/87 198580
- [A16] Nagy, J. (1990): Klaudia szimulátor ismertetése, TFO gépkönyv honvédségi használatra
- [A17] Nagy János; Analog telemetry and relay-command board KFKI-RMKI gépkönyv 1994

- [A18] Nagy János; Temperature Acquisition Subsystem Simulator for eight Channels TASS KFKI-RMKI gépkönyv 1995
- [A19] A.Balázs, J.Bíró, I.Hernyes, I.Horváth, J. Nagy, S. Szalai (1996): Austrian-Hungarian Workshop on Distributed and Parallel Systems Transputters in the Locomotion Subsystems of the IARES Demonstration Planetary Rover; KFKI-1996-09/M,n; pp. 217-218; October 2-4, Miskolc, Hungary
- [A20] ifj. Erő J., Hernyes I., Nagy J. (1997): EPM alkatrészek alkalmazása fizikai mérések automatizálásában, IEMSZSZ'97 Szimpózium, Budapest 1997. szept. 17-18
- [A21-22] Balázs A., Hernyes I., Horváth I., Nagy J., Pálos Z., Spányi P., Szalai S., Várhalmi L., Vizi P. (1998). űrfizikai kísérletek automatizálása, ELEKTROnet 1998/1 42-45, Az előadás anyaga részletesen elhangzott a HUNGAMAT 97 konferencián Budapest 1997. november. 24-26.
- [A23] J. Nagy, A. Balázs, L. Botthány (1999): A data-acquisition card without dead time, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, vol. 426, pages 642-645 Apr.
- [A24] K. Szegő, S. Szalai, I.T. Szűcs, J.Nagy (1999): EGSE-RPC: the Electrical Ground Support Equipment for the Rosetta Plasma Consortium 1999
- [A25] Horváth I., Lipusz Cs., Nagy J. (2004): Űrkutatás – magyar részvétel a Nemzetközi Űrállomáson, adatgyűjtő és vezérlő számítógép az Obsztanovka-kísérlethez, Elektronet 2004/4 91-93
- [A26] I. Balásházy, Á. Farkas, A. Czitrovsky, D. Szigethy, J. Nagy (2005): Modelling local deposition patterns of inhaled aerosols in bronchial human airways. 15th International Congress of the International Society for Aerosols in Medicine, Perth, Australia, 14-18 March 2005, J. Aerosol Medicine 18, 1, pp. 98.
- [A27] I. Balásházy I. Szőke, J. Szabó, K. Karlinger, T. Kerényi., B. Alföldy, D. Szigethy, J. Nagy (2005) Numerical generation of the tracheobronchial airway geometry applying medical image techniques for aerosol deposition computations in the lung. European Aerosol Conference, Ghent, Belgium, 28 August – 2 September 2005. Book of Abstract 764.
- [A28] Balajthy K., Endrôczi G., Nagy J., Horváth I., Lipusz Cs., Szalai S. (2006): Adatgyűjtő és vezérlő számítógép a Nemzetközi Űrállomás Obsztanovka kísérletéhez, Híradástechnika 2006/4 pp. 17-22.
- [A29] S. Klimov, V. Korepanov, S. Belyayev, Cs. Ferencz, K. Georgieva, M.-P. Gough, J. Juchniewicz, B. Kirov, J. Lichtenberger, A. Marusenkov, J. Nagy, H. Rothkaehl, G. Stanev, S. Szalai, L. Bodnar (2006): IAC-06-B4.3.09 INTERNATIONAL SPACE STATION: STUDY OF NEAR-SURFACE ENVIRONMENT *International Aeronautic Federation congress - section "International experiments onboard ISS"*. Valencia, Spain, Oct. 2-6, 2006

- [A30] Cs.Lipusz, B. Sódor, G. Tróznai, I. Horváth, J. Nagy, K. Balajthy, S.Szalai (2007): Electrical Ground Support Equipments, UN/RF/ESA Workshop, Tarusa, Russia, 3-7 September 2007
- [A31] Gy. Diószegi, J. Nagy (2008): NE555 timer sparks low-cost voltage-to-frequency converter Divelex Ltd, Budapest, Hungary; EDN, 2/21/2008 pp. 75.
- [A32] Gy. Diószegi, J. Nagy (2009): Current-sense monitor and MOSFET boost output current, Divelex Ltd, Budapest, Hungary; EDN, 5/28/2009 pp. 44
- [A33] Nagy J., Szalai S. (2009) : Újdonságok az Obsztanovka kísérletről Hazai kutatóhelyek és űripar - 2009.10.21. 15:00. <http://www.urvilag.hu/article.php?id=3522>
- [A34] J. Nagy (2011): Ground Support Systems for Small Spacecraft, EuroPlanet NA2 Thematic Workshop on the Landing Infrastructure for Martian Science Investigations, Helsinki, Finland 23-27 May 2011
- [A35] Nagy J. Szalai S (2012): Az Űridőjárás Megfigyelése, Magyar Műszerek a Nemzetközi Űrállomáson, Élet és Tudomány 2012/11 pp. 329-331.
- [A36] J. Nagy, B. Sódor, S Szalai (2012): Improvement of EGSE Architecture and Software in Last Decades SESP 2012: Simulation and EGSE facilities or Space Programmes, ESTEC Noordwijk 25-27 September 2012 Poster, (online letöltés 2016.07.12): http://www.rmki.kfki.hu/tfo/UK-T-website/poster-9_nagy.pdf
- [A37] Nagy J. Szalai S. (2013): Új orosz űrszonda a Holdra, Magyar Részvétel a Holdkutatóban Élet és Tudomány, 2013/8 pp. 230-232
- [A38] K. Balajthy, A. Baksa, I. Horváth, J. Nagy, L. Szalai, Z. Pálos, B. Sódor, S. Szalai, G. Tróznai, P. Vizi (2013): Participation in Development Space Research Instrument, 2013 Budapest WIGNER 111 konferencia, poszter szekció
- [A39] J. Nagy, K. Balajthy, S. Szalai, I. Horváth (2015): Improvement of EGSE architecture and software in last decades “International Space Station Research Investigations and Experiments” Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IKI RAS), Moscow, Russia, on April 9-11, 2015
- [A40] J. Nagy, K. Balajthy, S. Szalai, I. Horváth (2015): Participation in Obstanovka project, Distributed Intelligence Onboard Computer System of Obstanovka, “International Space Station Research Investigations and Experiments” Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IKI RAS), Moscow, Russia, on April 9-11, 2015, előadás
- [A41] С. Климов, В.Корепанов, П. Сегеди, В.Грушин, Д.Новиков, К. Балаши, Л. Белякова, С. Беляев, Я. Бергман, Ч. Ференц, Д. Бъчваров, К. Георгиева, М.-П. Гаф, Б. Киров, Я. Лихтенбергер, А. Марусенков, М. Моравски, Я Надь, Р. Недков, Х. Ротхель, Г. Станев, Ш. Салаи (2015): Мониторинг электромагнитных параметров космической

погоды в ионосфере. Результаты эксперимента «Обстановка (1 этап)» на Российском сегменте МКС “International Space Station Research Investigations and Experiments” will be held at the Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IKI RAS), Moscow, Russia, on April 9-11, 2015 előadás

[A42]. S. Szalai, J. Nagy, I. Horváth, B. Sódor, G. Tróznai, K. Balajthy, J Sulyán (2016): An Overview of Low-Cost EGSE Architectures Improvement,; March 2016 · Acta Polytechnica Hungarica pp. 139-158.

[A43] J Nagy, I Horváth , B. Sódor, S. Szalai K. Balajthy , Cs. Lipusz (2016): Exploring Nearby Space; pp. 101-106 July-Aug 2016 IEEE Software

Értekezés

1. Nagy J. (1977): Tekintse át az adaptív mintavételezés elméletét. Válasszon ki egy algoritmust, szimulálja számítógépen, és kísérelje meg az áramköri realizálását. BME 1977. Egyetemi diplomamunka
2. Nagy János (1995): Moduláris felépítésű nukleáris mérőberendezések és oktatási célú speciális berendezések fejlesztése, egyetemi doktori értekezés, Budapesti Műszaki Egyetem