

Adatgyűjtő és vezérlő számítógép a Nemzetközi Űrállomás Obsztanovka kísérletéhez

BALAJTHY KÁLMÁN, ENDRŐCZI GÁBOR, DR. NAGY JÁNOS
KFKI Rézecske- és Magfizikai Kutatóintézet, {balajthy, endrocz, nagyjz}@rmki.kfki.hu

HORVÁTH ISTVÁN, LIPUSZ CSABA, DR. SZALAI SÁNDOR
SGF Kft., {horvath, lipusz.csaba}@freemail.hu, szalai@sgf.hu

Lektorált

Kulcsszavak: Nemzetközi Űrállomás, Plazma, SGF, KFKI RMKI, PC/104, valós idejű Linux, beágyazott, LabWindows, adatgyűjtő

Az „Obsztanovka” (angol nevén Plasma Wave Complex – PWC) mérőrendszer a Nemzetközi Űrállomás orosz moduljára kerül. Célja, hogy részletesen vizsgálja a magnetoszférában és az ionoszférában végbemenő elektromágneses jelenségeket és az extrém nagy űrjárműveknek az ionoszférával történő kölcsönhatását. A KFKI RMKI kutatói egy adatgyűjtő és vezérlő számítógép rendszer létrehozásával vesznek részt a kísérletben. A három processzorból álló rendszer minden processzorán valós idejű, sokfeladatos Linux alapú operációs rendszer fut. Az SGF Kft. a földi ellenőrző berendezéseket készíti, amely egy jel-szintű szimulátor egységből és a grafikus kezelői felületet biztosító PC-ből áll.

1. Bevezetés

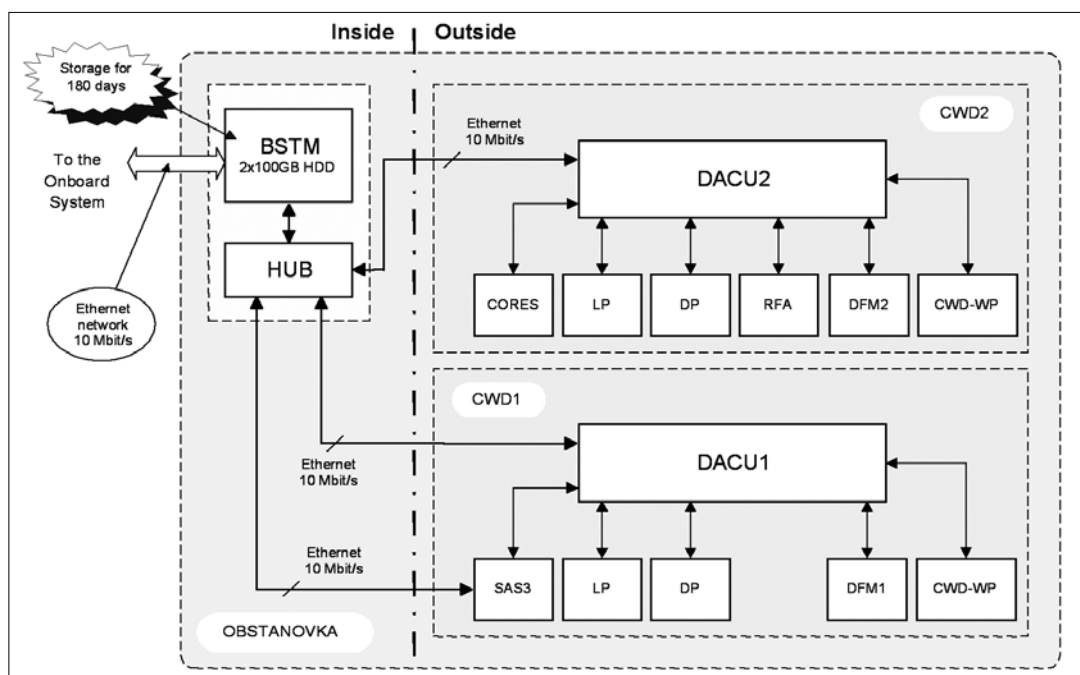
A Föld körül keringő Nemzetközi (International Space Station, ISS) első moduljait 1998-ban állították pályára. Az Űrállomás két nagyobb egységből, amerikai és orosz modulból áll. Ezek fejlesztése ma is folyik és az orosz modulra kerül az „Obsztanovka” (Plasma Wave Complex) mérőrendszer. Az PWC célja a magnetoszférában és az ionoszférában végbemenő elektromágneses jelenségeknek, és az extrém nagy űrjárműveknek az ionoszférával történő kölcsönhatásának a vizsgálata.

A kísérlet orosz, ukrán, svéd, lengyel, bolgár, angol, magyar kutatócsoportok együttműködésével kerül megvalósításra, amelynek keretében összesen 11 érzékelő egység, – egy részük kettőzve – készül az űrfizikai jelenségek tanulmányozására. Az ELTE a SAS3 érzékelő egységet fejleszt. Az egységek az ISS külső felüle-

tén, két konténer egységben kerülnek elhelyezésre. A mi feladatunk a 11 érzékelő vezérlése és a tőlük érkező adatok fogadása, tárolása és ehhez egy adatgyűjtő és vezérlő számítógép fejlesztése, létrehozása. A számítógép fejlesztését és tesztelését támogató szimulációs környezetet az SGF Kft. fejleszti.

A fontosabb feladatok a következők:

- Az ISS fedélzeti vezérléséről Ethernet buszon érkező utasítások és adatok (idő, koordináta) fogadása.
- Fedélzeti energiaellátás műszerekre juttatása, azok ki/bekapcsolása és működésük vezérlése.
- A további kiértékeléshez a 11 műszer felől érkező mérési adatok tárolása.
- A rádiókapcsolatok – engedélyezett ideje – alatt a megfelelő mérési adatok továbbítása.



1. ábra
A PWC kísérlet
funkcionális
blokkvázlata

2. Hardver ismertetés

A feladat megoldása során az űrbeli 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 hőmérsékleti tartományban (-400°C-tól +800°C-ig).

A fejlesztése során a PC/104-Plus ipari szabványú kártyák alkalmazását választottuk. A PC104-Plus kártyák mérete 95,9 x 90,2 mm, és egy kártya súlya a rajta elhelyezett áramköri elemekkel együtt 100-120 gr között van. A PC/104-Plus szabvány az ISA PC illetve a PCI PC szabványú buszokat használ. Az általunk már jól ismert szabványos busz alkalmazása megkönnyítette az egyedi kártyák fejlesztését.

Az általunk fejlesztett adatgyűjtő és vezérlő számítógép rendszer három processzort tartalmaz (1. ábra). Egységeit a BSTM, DACU1 és DACU2 mozaik szóval jelöljük az angol név rövidítés alapján. A központi adatfeldolgozó egység a BSTM (Block of Storage of Telemetry Information Unit) az ISS belső terében van, ahol az űrhajósok tartózkodnak, és az űrállomás külső oldalán elhelyezett DACU1 és DACU2 (Data Acquisition and Control Unit) egységekkel kommunikál.

Az érzékelő műszerek a CORES, LP, DP, RFA, DFM2, CWD-WP és a SAS3, LP, DP, DFM1, CDW-WP nevű egységek, amelyek az ISS falán kívül a CWD1 és CWD2 jelű egységekbe (konténerekbe) kerülnek.

A tudományos kísérletek és a mozaikszavak értelmezése a <http://www.iki.rssi.ru/obstanovka> weboldalon megtalálható. A műszerek némelyike átmeneti tárolóval rendelkezik, és a különböző méresectől érkező adatmennyiség változó.

A BSTM és DACU1, DACU2 egységek mindegyike tartalmaz egy-egy PC/104-Plus buszvezérlő Intel Pentium kompatibilis processzor 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 SAS műszer is, ami jelentős adatmennyiséget generál és azt csomagban, „burst-ökben” továbbítja.

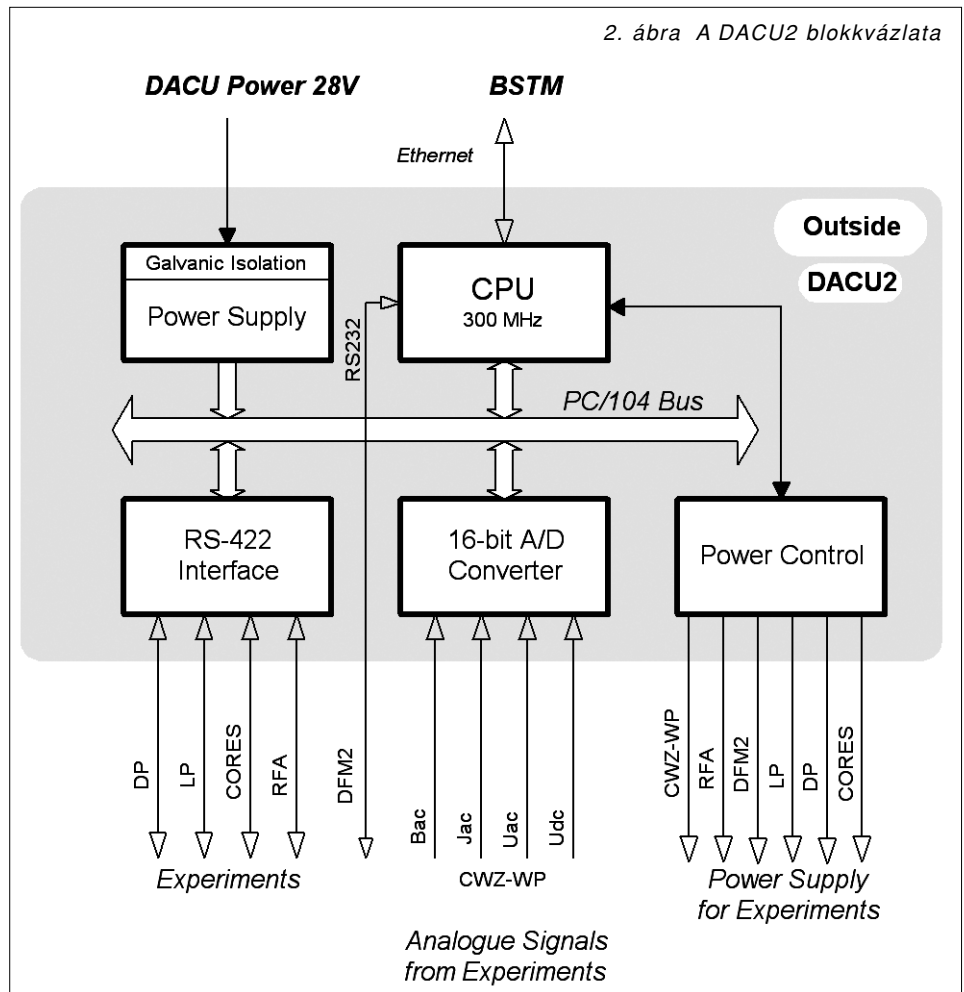
A többprocesszoros rendszer alkalmazását több körülmény indokolta:

1. Mint említettük, a kísérleti műszerek fizikailag két külön konténerben foglalnak helyet, az űrállomás külső falának egymástól távoli pontjain. Ezek jeleit zavarvédelmi szempontból célszerű lehetőleg rövid kábeleken a processzorhoz vezetni.

2. A két műszercsoportban keletkező adatok feldolgozása változó intenzitású feldolgozást igényel. Külön feldolgozó processzor elegendő számítási tartalékot biztosít legnagyobb terhelésnél is.

3. A megbízhatóság is két külön processzor alkalmazását indokolja, mert ha az egyik csoport processzora meghibásodik, nem befolyásolja a másik csoport működését.

A PC/104 busz vezérlésére számos gyártó az AMD Geode processzor család valamelyik tagját alkalmazza. A Geode processzorok Intel Pentium kompatibilisek, amelyek között gyártanak kiterjesztett hőmérsékleti tartományban (-40°C-tól +80°C-ig terjedő) üzemképesséket és az AMD chipset-je a PC/104 és a PC/104-Plus interfész illesztését támogatja. A buszt vezérlő processzor kártyát külső szállítótól választottuk ki, ezáltal a rendszer fejlesztése jelentősen lecsökken. A kiválasztott processzor kártya 300 MHz órajelű és a PC/104 buszon kívül egyéb interfészek is találhatóak: USB, Ethernet, RS 232, RS 422, SVGA.



A BSTM feladatai

Az ISS fedélzeti telemetriájával a kapcsolattartás és a mérési adatok tárolása. A fedélzetről az egyes műszerek be/kikapcsolásával és üzemelésével kapcsolatos parancsokat fogadja, az energiaellátást vezérli, két HDD-n tárolja óránként lezárt fájlokban az egyes műszerektől érkező adatokat és az egyes műszerek működési állapotát jellemző úgynevezett „housekeeping” (áramfelvétel, hőmérséklet, üzemmód, nyomásérték a CORES-ben, érzékelők kinyitott/bezárított állapota stb.) adatokat továbbítja a fedélzeti telemetria felé. A BSTM lehetővé teszi esetleges szoftver módosítások letöltését is. Mivel a Föld felé rendelkezésre álló átviteli csatornák kapcsolata időben (rádió „láthatóság”) korlátozott, továbbá más fedélzeti berendezések is használják, ezért a PWC teljes mérési adatfolyamát a HDD-ék mintegy félévenkénti cseréjével, és azoknak az űrhajósokkal együtt a Földre történő szállításával valósítják meg.

A DACU egységek feladatai

Az egyes műszerek számára reléken keresztül, a BSTM-től érkező utasításoknak megfelelően az energia továbbítása, a műszerek vezérlése, azoknak utasítások küldése és a mérési adatok fogadása. A DACU-k és a műszerek között igyekeztünk egységes interfész felületet alkalmazni. A műszerek többségétől az adatokat soros, RS-422 differenciális buszon fogadjuk. Az RS422-et jó zavarvédelem jellemzi, és mivel a buszon kis áramok folynak, a kísérletek egymásra hatása nem számottevő (2. ábra). Néhány műszer, a két CWD-WP és a DFM1 analóg adatokat szolgáltat több analóg kimeneten, amelyeket változó mintavételi sebességgel mintavételezzük és a DACU-k digitalizálják. Az analóg adatok mintavételezését a DACU-k vezérlik, az adatokban történő jelentős változásokat felismerve (esemény történt) néhány Hz-től 33 kHz-ig.

3. A beágyazott processzorok operációs rendszerének összeállítása

Az operációs rendszer kiválasztásakor funkcionális elvárásokat és az üzemszerű környezethez kiválasztott hardver elemek adottságait kellett figyelembe venni. A rendszereink kialakításához kiindulásként a SuSE Linux-ot választottuk. A használni tervezett kártyák gyártói a 2.4.19-es kernelt és a hozzá való drivereket (szoftver meghajtókat) ajánlották a használni tervezett kártyáinkhoz. Ez a kernel verzió van a SuSE Linux 8.1-ben is. A kézikönyve szerint a SuSE 8.1 1,2 GB-át már telepíthető. A grafikus felhasználói felületet a beágyazott real-time Linux kialakításához nem is volt szükséges, mert a fejlesztéseket karakteres üzemmódban végeztük. A minimális grafikus funkciók telepítésére mégis sor került, hogy a kernel konfigurálásakor 'make menuconfig'-ot lehessen használni.

A fejlesztői környezetben a gépek tartalmaztak egy 40 GB-os merevlemezt. Ezt három részre osztottuk

(partícionáltuk). Ebből 30 GB lett a Linux partíció (83-as system id), 500 MB a swap (82-as system id), és 9,5 GB-ot kapott az NTFS (7-es system id). A kártyák gyártói rendszeresen DOS-hoz, Windows-hoz való tesztprogramokat illetve drivereket adnak. Ezek használatához szükség volt Windows-ra illetve DOS-ra

SuSE 8.1 telepítése után kaptunk egy rendszert, amelyik több GB helyet foglal el a merevlemezen, amelyeknek a /dev/hda2-n van a swap területe, és a /dev/hda3-ról töltődik be. Az e100 driver kezeli az alaplap Ethernetet, amely kapcsolatban van a külvilággal, ssh-val (secure shell) be lehet rá jelentkezni távolról, és scp-vel (secure copy) lehet rá és róla fájlokat másolni, de ez nem real-time. A real-time Linux-ot a www.kernel.org-ról letöltött a 2.4.19-es kernel forráskódjának kijavításával (patchelésével) állítottuk elő. Az eljárást az a FSMLabs készítette, erről további információ az www.fsmlabs.com oldalon található.

A következő feladat a legszükségesebb rendszerkomponensek kiválasztása volt, mert a berendezésekben csupán 128 MB-os diszk kapacitás áll rendelkezésre. Jelentős időt igényelt, amíg össze tudtuk válogatni a feltétlen szükséges komponenseket egy olyan real-time Linux verzióhoz, amelyik kevés helyet foglal el és marad annyi szabad memória, amennyi a mérési adatok kezeléséhez szükséges.

4. A földi ellenőrző berendezés

Az űrkutatási műszerek ellenőrző-berendezései (Electrical Ground Support Equipment, EGSE) feladata a távvezérlést megvalósító parancsok kiadása, a távmérés adatainak a fogadása és ezen adatfolyam megjelenítése a kísérletezők számára. A hagyományos vezérlő és adatgyűjtő rendszerek három feladatot látnak el: adatgyűjtés, vezérlés és megjelenítés.

A számítógépekre alapozott vezérlő és adatgyűjtő rendszerek tervezése során a feladatokat a kiszolgálás lehetséges késleltetése (áthelyezése) alapján célszerű rangsorolni. Általában a legnagyobb adatfolyam, az érzékelők által szolgáltatott információ, amely a számítógép számára véletlenszerűen vagy szabályos időközönként megjelenő bájttal vagy bájtok folyamata. Alapvető feladat ezek adatvesztés nélküli tárolása. Ezekben a rendszerekben a vezérlési feladat emberi beavatkozás eredménye vagy előre letárolt vezérlőjelek kiadása. Ezek többnyire viszonylag kis adatfolyamot jelentenek, és ahogyan az emberi beavatkozás a tízed-, illetve másodperces tartományba esik úgy az automatikus vezérlő jelek esetén is többnyire megengedhető ilyen időtartományú beavatkozási késleltetés.

A mért adatok megjelenítése a kezelői felületen minden komolyabb következmények nélkül elvisel kisebb nagyobb késleltetést. Továbbá a TM adatfolyam grafikus megjelenítése jelentős processzor idő lefoglalást jelenthet, ezért e feladat prioritását célszerű alacsony szinten tartani. Átmeneti megjelenítés-kimaradás a működés megítélése szempontjából nem jelent pótolhatat-

lan információvesztést, ha az adattárolás folyamatában nincs adatvesztés, ekkor utólagos (off-line) részletes kiértékelés a tárolt adatok alapján megvalósítható.

A PC-k korai időszakában, amikor a DOS operációs rendszer lehetővé tette a számítógép minden eleméhez a közvetlen programozói hozzáférést és a PC-k hardver elemei is jobban átláthatóbbak voltak, gyakran saját fejlesztésű közvetlen memória hozzáféréssel és megszakítást létrehozó PC-be helyezhető kártyák volt az adatgyűjtő rendszerek lelke. Az áramkörtervezők teljes mértékben ki tudták használni a PC erőforrásait. A programozó számára viszont az adatok grafikus megjelenítésének a kifejlesztése jelentett többlet terhet.

Az általánosan elterjedt Windows operációs rendszerek a programozók számára a grafikus feladatok megoldását egyre jobban megkönnyítették, viszont ezzel együtt a processzor hardver elemeinek közvetlen kezelése megszűnt. Ez azt eredményezte, hogy a vezérlő és adatgyűjtő rendszerek hardvereit, amelyek a DOS környezetben a PC erőforrásait teljes mértékben használhatta, új megközelítéssel kell tervezni. A mikroelektronika fejlődése létrehozta a nagykapacitású memória áramköröket, a mikrokontrollereket, a programozható logikai elemeket, amelyek lényegesen megkönnyítették, meggyorsították az egyedi adatgyűjtő áramkörök tervezését, és viszonylag olcsó áron lehet hatékony logikai áramköröket létrehozni.

Ennek eredményeképpen az adatgyűjtési tevékenység, amely minimális logikai feldolgozást igényel, önálló, gyors memóriával ellátott egységbe kerülhetett. Bolygóközi küldetésekénél, amikor is energetikai okokból korlátozott a rádióadó teljesítménye, a legnagyobb telemetriai sebessége 64 kbit/sec. Másik jellemző tulajdonsága egy-egy műszer TM adatfolyamának, hogy az űrszonda számítógépe a tudományos céloknak megfelelő sorrendben és mennyiségben (ciklikusan) küldi a különböző kísérletek adatait, tehát egy adott műszer szempontjából csomagokban (burst) érkezik a távmérés eredménye.

Az első számítógépek két szabványos illesztővel rendelkeztek az egyik a nyomtató kezelését biztosító nyolcbites kimenő csatorna (parallel port), a másik az RS-232C soros csatorna, amelyből rendszerint kettő volt. Kezdetben a párhuzamos kimenő illesztő alkalmazatlan volt erre a célra, hiszen az adatfolyam a számítógép felé irányul, másrészt a mérési eredményeket nyomtató használatával jelenítették meg. Ezek után az egyik szabad soros illesztő lett a PC és a többnyire mikrokontrollert vagy mikroprocesszort tartalmazó szimulátor közt a kapcsolat. A beágyazott (embedded) processzor alkalmazását az tette szükségessé, hogy az űreszközök logikai szimulálásánál az előírt reakcióidők biztosíthatók legyenek. A kétvezetékes soros adatforgalom azzal az előnnyel járt, hogy a szimulátor galvanikus leválasztását kis alkatrész többlettel meg lehetett valósítani. A soros illesztő hátránya viszont a korlátozott (115 200 Baud) sebesség, bár ez a bolygóközi programok esetében nem volt korlát és csupán a gyorsított üzemmódú földi tesztelesek esetében zavart.

A nemzetközi űrállomásra kerülő Obszhanovka kísérlet számára nagyobb adat mennyiség folyamatos átvitelt kell megvalósítani. A jelenlegi PC-k esetében erre két szabványos illesztő áll rendelkezésre. Az egyik az USB (Universal Serial Bus), a másik, pedig az Ethernet-illesztő. Az USB ellen szól, hogy korábbi operációs rendszerek (pl. Windows 2000) illetve szoftver fejlesztői környezetek nem támogatják. A szimulátor egységben az elkerülhetetlen beágyazott processzor alkalmazása esetében Ethernet-illesztőt tartalmazó gyári fejlesztésű kész processzoros kártya használatával a szoftver gondok elhárulnak és a hardver fejlesztés minimalizálható.

A 3. ábrán látható a globális, funkcionális blokkvázlata a PWC kísérlet- és ellenőrző-berendezésének, amely a fenti megfontolások alapján lett kialakítva. A szabványos illesztő felület alkalmazása az adatforgalomra azt jelenti, hogy gyakorlatilag tetszőleges PC (asztali vagy hordozható) alkalmas a jelszintű szimulátor kezelésére. A jelszintű szimulátor, a fedélzeti rendszerhez hasonlóan, PC-104 szabványú kártyákból lett felépítve. A rendszer magja egy 300 MHz processzor kártya, amely tartalmazza az asztali PC-k szokásos illesztőit.

A szoftverfejlesztési időszakra a beágyazott rendszer a PC-k szokásos perifériáival (háttértároló, CD olvasó, hajlékonylemez egység, billentyűzet, egér és megjelenítő) ki lett egészítve, így mint egy közvetlen fejlesztői környezet meggyorsította az újabb és újabb szoftver változatok futtatásra alkalmas kódok létrehozását. Az beágyazott processzoron, hasonlóan a fedélzeti rendszerhez, valósídejű Linux operációs rendszer fut, amely biztosítja az érzékelők adatfolyamának, valamint az űrállomás elektromos rendszerének logikai szimulálását. A tesztelés funkcionális blokk vázlata a 3. ábrán látható.

A szimulált adatfolyam jelek:

DACU1	LP	RS422, 38400 baud
	DP	RS422, 38400 baud
	DFM1	11 analog, 0,8-4 kHz, 12 bit
	CWD-WP	4 analog, 0,8-4 kHz, 12 bit
DACU2	CORES	RS422, 115200 baud
	LP	RS422, 38400 baud
	DP	RS422, 32400 baud
	RFA	RS422, 19200 baud
	DFM2	RS422, 32400 baud
	CWD-WP	4 analog, 0,8-4 kHz, 12 bit
SAS3	Ethernet 10 Mb/s, 300 Mbyte/nap	

A kezelői felület a Windows XP operációs rendszer alatt fut és a National Instrument LabWindows/CVI nevű fejlesztői környezetben lett létrehozva. Ez egy olyan C nyelvű integrált fejlesztői környezet, amely jelentős grafikus könyvtári támogatással rendelkezik. A megjelenítő és kezelői felület létrehozását ez a fejlesztői környezet jelentősen lerövidítette.

Az előzőekben részletezett szempontok szerint az érzékelők adatfolyamának adatvesztés nélküli fogadása a legnagyobb prioritással lett kezelve. Ennek megfelelően a kifejlesztett program külön szálában (thread) kerül fogadásra és átmeneti tárolásra az érzékelő adat-

folyama. A több szálas (multithread) program a Windows XP operációs rendszerben az aktív feladatai közé szálas számának megfelelő több feladatot iktat be. A Windows XP egy sokfeladatos (preemptive multitasking) round robin elvű operációs rendszer, amely a processzor erőforrásait az aktív feladatok közt ciklikusan szétosztja.

Amíg egy egyszálas adatgyűjtő program esetében a Windows XP operációs rendszer a processzor idejét csak egyszer biztosítja ciklikus erőforrás kiosztásban a programunk számára, addig két szálas esetben a processzor kizárólagos használatára kétszer kerül sor. Annak ellenére, hogy adott esetben csak az adatgyűjtő programunk fut a Windows XP alatt, az rendszeresen vizsgálja a különböző eszközök esetleges kiszolgálás kérését.

Ilyen folyamatosan vizsgált eszköz például az egér vagy a billentyűzet. Amennyiben az egér jobb gombjának lenyomásával az egyedül futó egyszálas adatgyűjtő programunk egy saját ablakát lassan helyezzük át a képernyőn, a program futása nem jut el az adatgyűjtést kezelő programrészhez, és ez adatvesztéshez vezethet. Ilyen és ehhez hasonló esetek elkerülése érdekében került egy külön szála (gyakran processzorként is nevezik) az érzékelő jeleinek fogadása, és ezáltal az XP operációs rendszer, az egér által lefoglalt esetben is, ütemezésének megfelelően a processzor mindig kiszolgálja a külön szálaban futó adatgyűjtést. A „főszálaban” van létrehozva a grafikus kezelői felület és a megjelenítés, míg az időkritikus adatgyűjtés a második szálaban történik. A többszálas működésen alapuló programfejlesztést a LabWindows/CVI könyvtári függvényeivel megkönnyíti az XP operációs rendszer többszálas működésének kihasználását.

A több adatátviteli csatornán érkező adatok fogadására különálló ablakokat (panels) alkalmaztunk a jobb áttekinthetőség érdekében, amelyek címkéinek kijelölésével lehet kiválasztani a megfigyelendő adatátviteli csatornát. A szolgálati információ (house keeping, HK) csomagok olvasható megjelenítését egy külső, különálló szöveges fájlban kell meghatározni (csupán a fájl neve rögzített az EGSE programban). Ebben a fájlban, szögletes zárójelben kell megadni a megjelenítendő paraméter nevét és azt követi a telemetria csomagban lévő szó pozíciója, majd az értelmezendő bitmező.

A bitmező jelentése lehet felsorolás (Enum) jellegű (On, Off stb.) vagy egy bináris érték (Actual), amelyet decimális vagy hexadecimális (Dec/Hex) formában lehet kiírni. Például a CORES érzékelő telemetria csomag második szavának 9-10 bitje be- vagy ki-kapcsolt állapotot tükröz (01 és 10 kombináció érvénytelen, hibás állapot) és ennek a szónak 2-8 bitjei egy feszültség értéket tartalmaznak, akkor ezt a következő módon kell megadni:

[CORES Power_2] Enum 2;9,10

0 = Off

1 = invalid

2 = invalid

3 = On

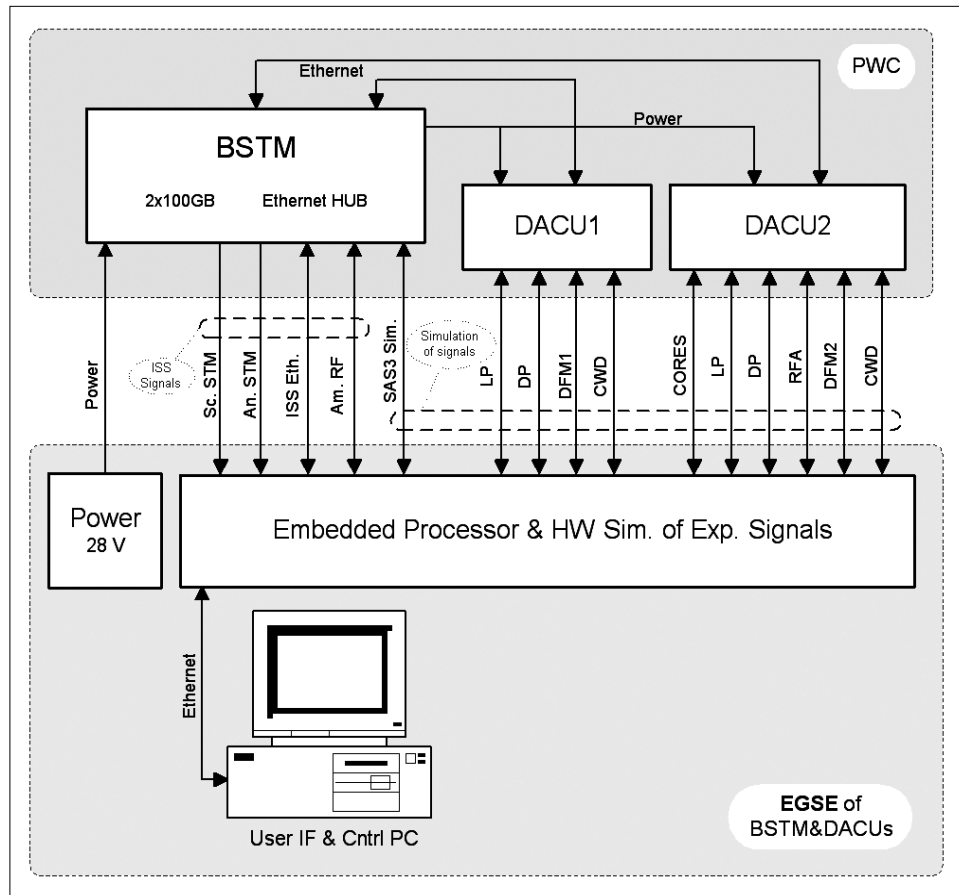
[CORES Voltage_2] Actual 2;2,8

Dec

Ez az olvasható és utólag könnyen módosítható leíró fájl használat, kiküszöböli a párhuzamos fejlesztések során jelentkező egymásra várakozásokat, az egyes részek megoldásainak meghatározási hiánya miatt.

A szoftver kezelői felülete a következő oldalon, a 4. ábrán látható. Az TM adat folyam tárolása mind a fedélzeten, mind az EGSE-ben az úrkutatási adatbázis kezelők (Consultative Committee for Space Data Systems, CCSDS) formátuma szerint történik.

3. ábra
A PWC elosztott számítógépe és a tesztberendezésének blokkvázlata



A CCSDS struktúra három lényeges részből áll: csomag kezdet felismerést biztosító két szavas speciálisan kiválasztott bit kombináció (synchro pattern), az időközöt, sorrendiséget, azonosítót és egyéb fontos azonosító információt tartalmazó 18 szó (header), és ezt követi az érdemi mérési adat blokk.

A parancsok továbbításánál, pedig ez még kiegészül a csomag utolsó szavában egy ellenőrző szóval (Cyclic Redundancy Check, CRC). Adat vesztés esetén az első két rész megkönynyíti az adatfolyamhoz az újra szinkronizálást.

Köszönetnyilvánítás

A Nemzetközi Űrállomásra kerülő Obsztanovka kísérlet vezérlő és adatgyűjtő számítógép rendszere a Magyar Űrkutatási Iroda támogatásával valósul meg

Irodalom

- [1] Klimov, S.I., at all:
Use of Space Station infrastructure for space weather research.
Space Weather Workshop:
Space Weather Applications Pilot Project.
16-18 December 2002, ESTEC,
Noordwijk, The Netherlands, Abstract Book.
- [2] Klimov, S.I., at all:
„OBSTANOVKA” experiment for space weather research on board the Russian segment of the ISS.
54th International Astronautical Congress 2003,
Bremen, Germany, IAC-03-T. 4. 09
(on CD of 54 IAC).

4. ábra A PC-n futó EGSE program kezelői felülete

