

Professzionális kisműholdak – rádióamatőröktől

Dr. Gschwindt András HA5WH, nyugalmazott egy. adjunktus, a Masat-1 és a BME-1 projekt vezetője

Minden rádióamatőr büszke lehet rá, hogy az első Szputnyik után csupán négy évvel pályára állt OSCAR-1, az első rádióamatőr célú műhold. A Szputnyik 80 kilogrammjával szemben alig 4,5 kg volt, de igazolta, hogy a lelkes rádióamatőrök összefogásával, jó kapcsolatokkal pályára lehetett állítani. Mindehhez elképesztő ügyesség kellett. A gyárban még fejlesztés alatt álló tranzistorokból készült a telemetria adó.

A cél és az eszközök

Az első még csak a saját „életlani” adatait sugározta, de széleskörű érdeklődést váltott ki. Sokat segített az égi mechanika, a sebességből adódó frekvenciaváltozás (Doppler-hatás) megértésében, a gyakorlatban történő alkalmazásában. A megfigyelés, telemetria-dekódolás passzív tevékenység. A rádióamatőr a kétoldalú kapcsolatokra vágyik!

Jöttek az első égi átjátszók és az összeköttetés élménye. „Evs közben jött meg az étvágy”: nagyobb sávszélesség, nagyobb teljesítmény, a műhold helyzetének stabilizálása, a Földre irányított antennák.

Jan King az USA-ban és Karl Meinzer (Nyugat-)Németországban összefogták és irányították a fejlesztéseket. A bonyolultság növekedésével egyre nehezebb lett a hozzáértő, időt nem sajnáló konstruktőrök megtalálása. Jelen cikk szerzője 1979-ben, az ARRL-nél tett látogatása során találkozott Perry Kleinmel, akinek javaslataira bekapcsolódott a Műegyetemi Rádió Club az OSCAR-10 és -13 fejlesztési munkáiba (akkor még az MHSZ működési keretében). Az előrelépés nagy volt. A 65 kg tömeg már felvetette az ingyenes start fellelésének nehézségeit is. A rakétakudarc utáni ismételt, sikeres start, a jól működő műhold, nagy lökést adott a tovább lépéshez.

Az Oscar-40-nel eljutottunk a csúcsra. Több mint fél tonna(!) súly, 600 W teljesítményű nap-elemek és saját pályakorrekciós hajtóművek. Az Ariane 5 rakéta startköltsége 4,5 millió USD volt. Start 2000-ben. A végeredmény:



Kockák, magyar módra: Masat-1, Rubik és BME-1

lehangoló kudarc. Feltehetően az egyik hajtóműben bekövetkezett robbanás következtében elhaglott a műhold. Visszaesett a fejlesztők lendülete. Azután jött a nagy álom: irány a Mars. A megvalósításhoz hiányzott a lelkes, szabadidőben dolgozó szakembergárda, és a fejlesztés, a pályára állítás költségeit fedező pénzforrás, a támogatók. Az áthidaló megoldás a P3 Expressz lett volna, amelyik a jól bevált AO-10 és -13 konstrukcióját vette át. A cikk szerzője többször próbálkozott az Európai Űrügynökségtől és az Európai Unió fejlesztési kereteiből forráshoz jutni. Sajnos eredménytelenül. A több mint tíz éve laborban, befejezés előtt álló műhold alkatrészei előregedtek...

Irány a kisműhold-fejlesztés

A nagyok fejlesztésének leállását a kicsik előretörése követte. Az új fejlesztési gondolat a mérnökképzéshez kapcsolódott. Az USA-ban R. Twiggs professzor ötlete volt a kis műholdak oktatás keretében történő megvalósítása. Tervezés, modellezés, megvalósítás, pályára juttatás és az eredmény értékelése. Mindez két-három éven belül, hogy megvalósuljon a hallgatók egyetemi éve alatt.

Az előző oktatási rendszerben az űrtechnológia iránt érdeklődők legfeljebb egy-egy nagy műhold részegységének fejlesztésében vehettek részt. A start, az eredmény általában csak akkor született meg, amikor a hallgatók már végeztek. Jó példa az ESA (Európai Űrügynökség) által támogatott ESEO (European Student Earth Orbiter) tudományos célokat szolgáló műhold fejlesztése. A több mint tíz évetem közreműködésének eredményeként a fejlesztés ideje meghaladja a tíz évet. A Masat-1 is négy év alatt készült el, és mire pályára került, valamennyi, a munkákban résztvevő hallgató befejezte tanulmányait.

Twiggs professzor ötlete a Barbi babák dobozának látványából fakadt. Legyen kisméretű a műhold, doboz alakú. Így olcsó lehet az előállítás és a startja is. További árcsökkenéstényező a méretek szabványosítása, beleértve a rakéta fedélzetről pályára állító szerkezetet is. Megszületett a 10 × 10 × 10 cm-es kockaműhold (cubesat).

A rádióamatőr és a kockák

Az egyetemi háttér gyakran összefonódik a rádióamatőr tevékenységgel. A kockák az egyetemi képzést, a rádióamatőrökös az önképzést segíti. A kettő célja közel áll egymáshoz. Az első kockák a rádióamatőrök számára visszalépést jelentettek. Egyetlen lehetőség a telemetria-jelek vétele volt. Fel sem merült fedélzeti átjátszók megvalósítása, örültek a konstruktőrök, ha az űrben életben maradt a műhold. Ilyen technológiai jellegű kísérlet a Masat-1 is.

A rádióamatőr önképzés területére azonban, a telemetria átviteli rendszereken keresztül (különböző modulációs módok) sok újdonságot hozott. Lehetőséget nyújtott és nyújt a számítógépekre alapozott rádiós átviteli rendszerek, a gép-gép közötti kapcsolat megismerésére. Megszülettek a szép, könnyen áttekinthető grafikus felületet mutató, a műhold pályáját, mozgását illusztráló szoftverek. Ideális oktatási segédeszközök az égi mechanika megismeréséhez.

A Föld körül keringő, jeleket sugárzó objektum ITU (Nemzetközi Távközlési Unió) regisztráció köteles. Ennek díja tízezer USD nagyságrendjében van. Kivételek az oktatást segítő műholdak. Tehát a kockákért nem kell fizetni. A frekvenciasávok a rádióamatőrök számára, műholdak üzemeltetésére kijelöltek. Ez kettős haszonnal jár: az egyetemek ingyen jutnak lelkes megfigyelőkhöz, a rádióamatőrök önképzési lehetőséghez. A Masat-1 esetében a kritikus, a felbocsátást követő időszakban 170, a Föld különböző pontjain élő megfigyelőtől érkezett adat. A kapocs az internet.

Egy-egy átjátszót is tartalmazó kicsinél ezret is eléri a megfigyelők, telemetriaadatokat a központi szerverbe küldők száma. A bőség zavara.

Nem szabad elfelejtenünk, hogy a rádióamatőr sávokban csak nyitott, bárki által értel-

mezhető adatátvitel történhet (kivétel a műholdak vezérlése). A konstruktőröknek mindenki számára hozzáférhető (internet) demoduláló/dekódoló szoftvert kell biztosítani. Újabb lehetőség az önképzésre.

A vételi oldal is forradalmi változáson megy keresztül. A számítógépre támaszkodó, egyetlen integrált áramkörrel megvalósított (SDR) vevők egyre gyorsabban terjednek. Olcsók és „igazi” önképzésre adnak lehetőséget. Meg kell említenünk a kicsik egyik jelentős hatását: az előregedő rádióamatőr társadalomra pozitívan hatott. Gyakran a nem rádióamatőr konstruktőröknek (egyetemistáknak) nyújtott adatvételi segítség hívja fel a figyelmet a rádióamatőr mozgalomra, annak hasznosságára, önképző erejére. Utánpótlás reménye.

Az „igazi” átjátszók hiánya

Az AO-40 napelemei 600 W körüli csúcsteljesítményt tudtak leadni. A Masat-1 2 W körülit. A fedélzeti szélessávú, lineáris átjátszók teljesítmény-igénye 100 watt nagyságrendű. Még egy gond: a pálya. A kicsik alacsony, néhány száz km magasságú pályákra kerülnek. Láthatóságuk max. 10-15 perc. Az AO-40-et vagy elődjait magas, elliptikus pályára tervezték. Időnként több órán keresztül lehetett volna kontinensek közötti összeköttetéseket létrehozni.

A kicsikkel is próbálkoznak, kis sávzélességű lineáris vagy FM üzemmél. Nagyobb felületű, kinyitható napelemekkel támogatva. Sajnos, így is csak a rutinos, türelmes, sok szabad idővel rendelkező rádióamatőrök forgalmaznak. Visszalépés? Igen, az AO-7 jobban segítette a forgalmazni vágyókat.

Furcsa kettősség: a kicsik új lehetőséget hoztak, de elosztották azt a pénzt, emberi energiát, amit a nagyok fejlesztésére lehetett volna fordítani. Természetesen nem szabad feladni. Bizonyítani kell a rádióamatőr

mozgalom hasznosságát, és figyelni a pályázatokat, építeni a kapcsolatokat a professzionális világgal.

A még kisebbek

A 10 × 10 × 10 cm-es kockák előállítási, pályára állítási költségei sok egyetem számára nem elérhetőek. A start 80 ezer, az előállítás néhány száz 100 ezer euró.

Az előállítás költségét a méret csökkentésével lehet tovább redukálni. Twiggs professzor 2013-ban kelt javaslata a zsebműholdak (pocketcube) létrehozása volt. A legkisebb 5 × 5 × 5 cm-es kocka. Alig nyolcada a cubesat térfogatának. Felülete mindössze 150 cm², tipikus súlya: 170 g. Struktúrája a megszokott alumínium mellett a jól ismert FR4-es, nyomtatott áramkörök alapjául szolgáló lapból is készülhet.

A költségek lényegesen kisebbek. Az alacsony, néhány száz km magasságú pályákra 15 ezer euróért fel lehet küldeni. Az előállítás is alatta maradhat 100 ezer eurónak. A költségek számításánál egyetemi környezetet vesznek figyelembe, ahol az oktatók, kutatók munkaköri kötelessége a projekt segítése.

A hallgatóknak nem kell munkabért fizetni. A fedélzetre kerülő berendezésekbe nem kerülnek űrminősített alkatrészek, hiszen ezek ára az egyetemek számára megfizethetetlen. A közönséges „szekrényből kivett” alkatrészek nem bírják a kozmikus sugárzást, a műhold pályájától függően, élettartamuk néhány év lehet.

A kis kocka tervezése nagy kihívás. Kis felület, kis hőkapacitás. A napon gyorsan felmelegednek, az árnyékban gyorsan hűlnek. Eddig három kicsit tetek pályára. Közülük a legkisebb meg sem szólalt. Az Eagle-2, amely 5 × 5 × 7,5 cm³ térfogatú, kiválóan működik, meglehetősen energiatakarékos üzemben (ritkán ad telemetria csomagokat). A fedélzeti akkumulátor (800 mAh-s, kamerákban használatos) hőmérséklete +40 és -30 C-fok között változik. Enyhén szólva: nem ideális üzem. Ennek

ellenére, 2014 júniusáig már öt hónapot töltött az űrben.

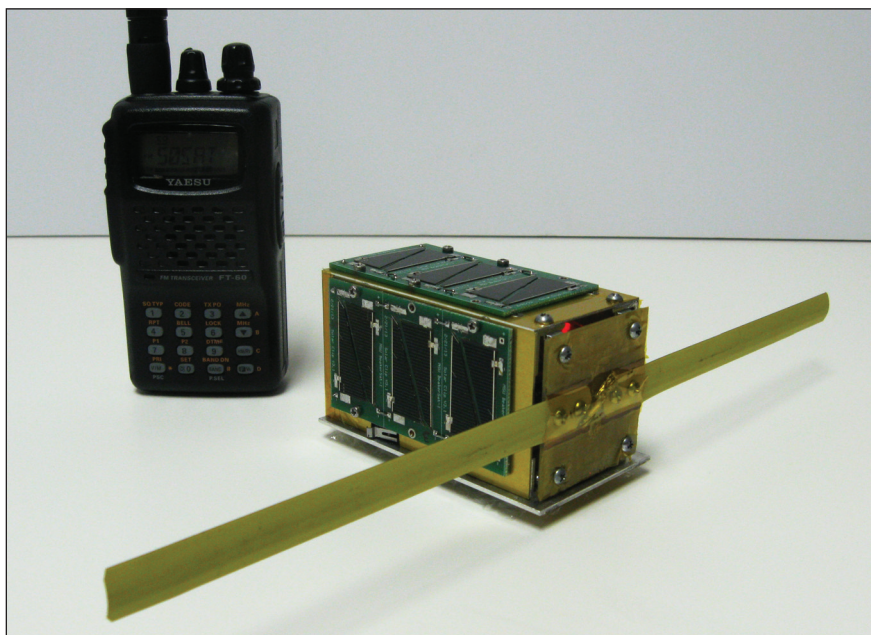
Ez a méret alkalmas arra, hogy kis térfogatot igénylő kísérleteket, méréseket, alkatrész- és anyagvizsgálatokat végezzünk a fedélzetén. Twiggs professzor szerint a jövőben a legkisebbeket tömegével fogják az egyetemek előállítani, oktatási segédletként használni. Nem véletlen, hogy az USA és Japán nem vállalja, csak a saját országukban készült kicsik pályára állítását. Ezen az úton akarja megőrizni prioritásait az oktatásban.

A verseny a „ki tud még kisebbet csinálni” címért folyik. A Kicksat-ok egy 3,5×3,5 cm-es lapon helyezkednek el. Energiatárolás nincs, addig működik, amíg a napelemek energiát adnak. Több mint százat akartak az év elején egy anya műholdról kidobni. Nem sikerült - pedig a kísérlet érdekes lett volna. Van olyan feltételezés, miszerint sérülés nélkül, mint a hulló falevél, érkeztek volna a földre. Azonosításuk is gondot jelent. A lokátorok nem veszik észre őket. Születőben van egy ajánlás, melynek értelmében ezeket maximum 200 km-es pályára lehetne tenni, ahol a visszatérésük 2-3 hét múlva várható.

Kihátás a professzionális űrtevékenységre

Egy ideig csak figyelték a kicsik sikereit. Azután felélénkült az érdeklődés. Az egyszerű mérések gyors megvalósíthatósága volt csábító. Azután jöttek az eddig megvalósíthatatlannak tűnt felsőlégköri, finom strukturális vizsgálatok.

Repüljön 50 műhold, kis területen szétszórva és végezzenek egy időben azonos méréseket (az ESA QB50 projektje). A szabványosított méretek olcsó megvalósítást tesznek lehetővé. Valóságos űripar alakult ki a különböző kocka platformok gyártására. Olcsón, gyorsan fel az űrbe. Jó üzlet a silókban, tengeralattjárókban „rozsdásodó” hadi rakéták számára. A legmeglepőbb a NASA felhívása, mely a Hold kö-



Az \$50 Sat és egy Yaesu handy

rüli pályára, a Hold felszínének megfigyelésére szeretne felküldeni űrszondát. A méret kötött, a kockák sorozatába illeszkedő, 10 x 10 x 60 cm. A nagy kihívás a hajtómű és a kommunikáció megvalósítása. Több millió dollárral támogatják a projektet.

A Föld felszínének megfigyelésére az amerikai Planet Lab. cég küldött fel 2014 februárjában 28 db 85 mm átmérőjű optikával ellátott műholdat. A cél: olcsó földképek előállítása. Ha beválik, rövidesen száznál többet állítanak szolgálatba. A megrendelő kívánsága szerint egy adott felszínről naponta juthatunk olyan képhez, amelyen „az embert nem, de a fákat lehet látni”. Lényeges különbség, hogy a professzionális műholdakat űrminősített alkatrészekkel készítik, amelyek ára sokszorosa a nem minősítettnek.

Szemét... szemét... űrszemét...

Egyre nagyobb gond. A 6-700 km-nél magasabbra kerülő műholdak 100 évnél is tovább maradnak a Föld fölött. A geostacioner pályán, ahol több tonnás műholdak vannak, az élettartamukra csak azt írják több, mint

tízezer év. A kicsik esetében a fedélzeti berendezések élettartamát leggyakrabban a nem űrminősített alkatrészek határozzák meg. Az elhagató, hasznos adatokat nem sugárzó műhold szemétté válik.

A nem védett napelemekből kivehető teljesítmény is gyorsan csökken. 2014 közepéig több mint 200 kicsit állítottak pályára. Az év végéig újabb 100 várható. Sajnos, a felküldtek fele meg sem szólal. A Masat-1 esetében ez a statisztika még rosszabb volt. A három olasz, egy francia, egy román meg sem szólalt. A spanyol és lengyel életjeleket adott, de ezek eltértek a tervezettől (8:1).

Kezd általánossá válni, hogy bármilyen kicsit nem lehet 600 km-nél magasabb pályára tenni. A nemzetközi űrállomás (ISS) speciális, üzletszerű szolgáltatása a fedélzetére felvitt kis műholdak robotkar segítségével történő pályára állítása. Ezek várható élettartama egy évnél rövidebb.

A jövő kihívása

A nagy kihívás, mely jelen sorok íróját egész élete során végig kíséerte, az első magyar műhold megvalósítása volt. Masat-1 elké-

szült, jól működik. Tervezett feladatai nagy részének kifogástalanul eleget tett. Lassan élete végéhez ér, várhatóan 2014 őszén visszatér a légkörbe és elég.

A „hogyan tovább” egyik lehetséges útját objektív tényezők határozzák meg. A közelgő ESA tagságunk támasztotta versenyben egyre nagyobb nyeresi esélyeket adó mérnök képzés az egyetemi környezetben történő megvalósítást részesíti előnyben. Ez a tény azonban magában hordozza a szűkös anyagi keretet, a szponzorokra támaszkodás szükségességét. Reálisan látva, nem számíthatunk ingyenes startra. Ez is növeli a költségeket.

Alapvetően technológiai kísérletet megismételni és ezzel tanítani egy lehetőség. Ekkor azonban csak a legkisebbek jöhetnek számításba (5×5×5 cm). A cikk szerzőjének több mint 20 éve dédelgetett álma a Föld környezetében, ember által keltett elektromágneses szmog vizsgálata. Az integrált vevőrendszerek

gyors fejlődése hihetetlen kis méretben teszi lehetővé egy mérővevő megvalósítását.

Hasonló a helyzet a telemetria rendszer adó-vevőjével és a központi számítógéppel is. A kis méret csak a felületben zavaró. A 125 cm² egy részét világítja a nap. Kicsi a rendelkezésre álló teljesítmény. Ezen lehet segíteni a szakaszos üzemmel. Végül megszületett a döntés: reális a célkitűzés, reális az anyagi feltételek szponzorok által történő biztosítása. A start lehetőségek közül az ISS tűnik optimálisnak.

Elindítottuk a BME-1 fejlesztését. A nevet jómagam adtam, a több mint 50 éve munkát, kutatási, oktatási lehetőséget, emberi környezetet adó Műegyetem tiszteletére. A BME-1 fedélzetén nehéz mérőantennát elhelyezni. A BME-1, az első műhold, a televíziós adók által a világűrbe kisugárzott jeleket fogja vizsgálni a 470 - 860 MHz-es sávban. A BME-1-gyel szerzett tapasztalatok alap-

ján készülhet a BME-2, a hangadók, a BME-3 a mobiltelefonok által keltett elektromágneses vizsgálatát végezni.

A megvalósítás során lényegesen nagyobb nyitottságot szeretnénk, mint ami a Masat-1 esetében volt. Megalakultak a hallgatói csoportok, amelyek oktatási feladataik közé iktatva fognak a nagy kihíváson, a BME-1 megvalósításán (és reményeink szerint az utódain is) dolgozni. Készen állnak a segítséget biztosító oktatók is, akik a Masat-1 megvalósításában szerzett tapasztalataikat adják át.

A vezérlőállomásra már csak minimális összeget kell költeni. Jelenlegi állapotában kifogástalanul el tudja látni a BME-1-2-3 adatainak vételét, vezérlésüket.

Természetesen a szponzorokból sosem elég. *Várjuk, keressük további támogatóinkat, hogy egyre képzetesebb mérnökök kerüljenek ki egyetemünkről, és az ESA tagságunk reményében gyorsan emelkedő pályára álljon a hazai űripár.*

LOMEX

**ELEKTRONIKAI
ALKATRÉSZKERESKEDELEM**

1134 Budapest, Lehel utca 17.

Nagykereskedelem

telefon: +36-1 349-5906
fax: +36-1 320-3292
honlap: www.lomex.hu
e-mail: info@lomex.hu

nyitva tartás:
hétköznap 9:00 - 17:00

Szaküzlet (kisker)

telefon: +36-1 320-2610
fax: +36-1 320-3292

e-mail: szakuzlet@lomex.hu

nyitva tartás:
hétköznap 9:00 - 17:00

Webshop

telefon: +36-1 237-1639
honlap: www.lomex.hu

e-mail: webshop@lomex.hu



MŰHOLD TERVEK