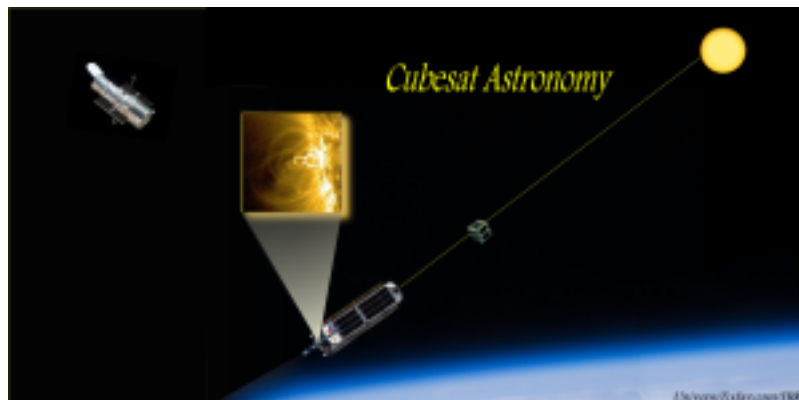


pMalé novoroční zamyšlení nad malými satelity

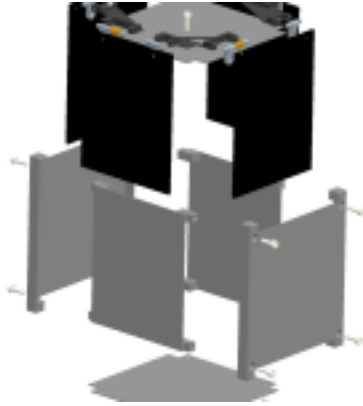


Pokud někdo stále není přesvědčen, že cubesaty jsou zajímavý segment kosmonautiky, snad ho přesvědčí tento stručný, subjektivně laděný přehled dosavadního dění v tomto čím dál více fascinujícím segmentu.

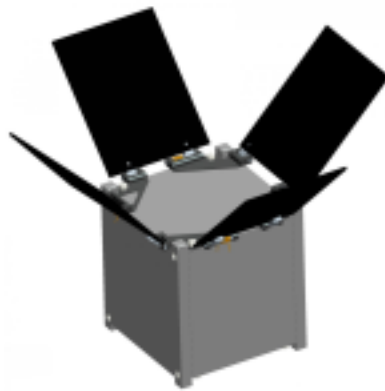
Cubesaty pronikají do všech myslitelných oblastí kosmonautiky. Je rozpracována spousta reálných projektů pro průzkum sluneční soustavy, na některých z nich se podílí i NASA. Existuje bezpočet studentských projektů, které, i kdyby se nikdy neměli dostat za hranice atmosféry, splní svůj úkol už jen díky své existenci, protože umožní studentům vyzkoušet si práci na skutečném kosmickém projektu. Své místo si cubesaty nacházejí i v komerčním segmentu, první vlaštovkou je tu vysoce aktuální snímkování zemského povrchu. A v neposlední řadě jako testovací platforma pro vývoj nových technologií, kde cubesaty řádově zmírňují ztráty v případě neúspěchu. Právě na ten poslední aspekt si dnes posvítime; některé technologie jsou bezesporu natolik zajímavé a silné, že jejich zavedení do praxe na plnohodnotných sondách by znamenalo revoluci v kosmickém výzkumu, hranice našich přístrojů by se posunuly do oblastí donedávna považovaných za fantazii. Pojďme si je představit blíže.

Ultrakapacity

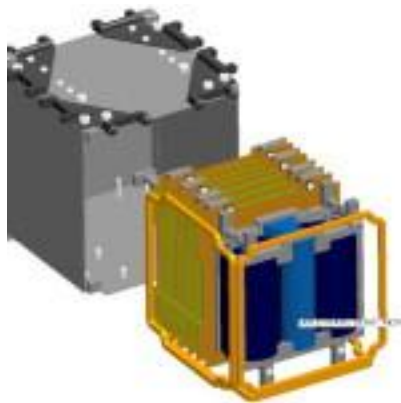
Už je to dlouho, co jsem zaznamenal první cubesat použitý pro testovací účely. Jednalo se snad o nejjednodušší představitelnou úlohu. Satelit testoval různé typy solárních panelů, které měl nainstalovány na svých šesti stranách, na Zemi pak odesílal údaje o dodávaných výkonech. Jedná se jistě o potřebná data, ale PilsenCUBE jde ještě dál.



Mechanické řešení tělesa pikosatelitu PilsenCUBE



Mechanické řešení tělesa pikosatelitu PilsenCUBE



Mechanické řešení tělesa pikosatelitu PilsenCUBE

Už název projektu napovídá, že vzniká v české republice, přesněji v Plzni, rád bych se mu v dohledné době věnoval blíže. Dnes se budeme zabývat jeho napájecím systémem. Ten nepoužívá obvyklé NiCd akumulátory, které dostávají přednost ve větších projektech pro jejich vysokou životnost, vyjádřenou v množství nabíjecích cyklů. Cubesaty s jejich hmotnostními

omezeními NiCd akumulátorům příliš nepřejí. Tvůrci cubesatů často sahají po Li-Pol akumulátorech, které nám dobře slouží na Zemi, jenže v kosmu jejich využití limituje právě počet nabíjecích cyklů, které je baterie schopna absolvovat. Výrobci udávaná životnost Li-Pol akumulátorů bývá 3000 cyklů, v praxi mohou vydržet o něco málo více, maximálně však asi 5000 cyklů, což na oběžné dráze, s periodou 90-95 minut představuje stěží rok, potom kapacita akumulátorů prudce klesá. PilsenCUBE sází na kombinaci Li-FePO₄, které jsou v zásadě podobné, a ultrakapacitorů. Záměrem je, aby ultrakapacity vykrývaly zejména špičkové odběry v době, kdy už akumulátorům bude docházet dech. Pokud je mi známo, ultrakapacity dosud v kosmu použity nebyly. Ačkoli se nejedná primárně o test nové technologie, lze předpokládat, že případný úspěch vzbudí patřičnou pozornost, a snad se pak dočkáme nasazení ultrakapacitorů i na vědeckých sondách, na jejichž palubě by se díky ušetřené hmotnosti našlo místo pro větší počet vědeckých experimentů.

Procesory a řídicí elektronika

Je známo, že průmysl obecně a ten kosmický zvláště se stal velmi konzervativním, co se týče použití výpočetní techniky. Raději používá starší, ale dobře vyzkoušené a spolehlivé součástky. Důvod k takovému přístupu se táhne celým tímto odvětvím jako červená nit. Je jím požadavek na maximální spolehlivost v opravdu extrémních podmínkách především silné radiace, teplotních výkyvů a v neposlední řadě také vibrací během startu. Pokud navíc uvážíme, že výkony i deset a více let starých procesorů pohodlně dostačují pro většinu úkolů nutných k přímému řízení hardware, pak tento stav věci začíná být vcelku pochopitelný.



Umělecká předtava OPS-SATu na oběžné dráze

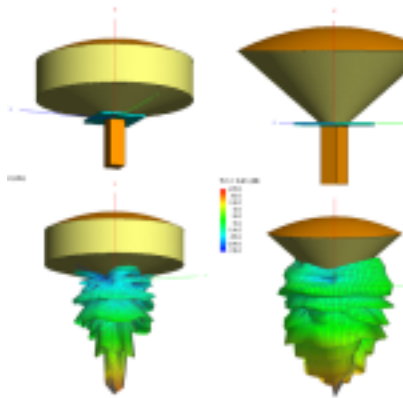


Schéma vnitřností OPS-SATu

Ovšem poslední dobou se ukazuje, že přílišná konzervativnost je na překážku při implementování nových patentů, postupů, nápadů a norem. Jenže kudy z toho ven, když podstoupit riziko miliónových ztrát plynoucích z použití nevyzkoušené elektroniky se nikomu nechce? Proto pod hlavičkou ESA vznikl OPS-SAT, 3U cubesat, který nemá za úkol nic jiného než testování nové elektroniky a software přímo v drsných kosmických podmínkách. Jeho komunikační rozhraní jsou navržena speciálně s ohledem na očekávané vysoké datové přenosy, díky čemuž poskytuje pro downlink až 50Mbps, což je stokrát více než kdy měl jakýkoliv jiný cubesat k dispozici. Díky Cubesatům bychom se tak mohli dočkat nejen vyšší spolehlivosti plynoucích z možnosti využít moderní postupy tvorby programového kódu, ale i navýšení funkčnosti, rozlišení fotografií a dalších posunů.

Nafukovací antény

Bez spojení není velení. To ví každý voják, stejně tak ztráta spojení s kosmickou sondou obvykle znamená konec mise. Vzpomeňme na Galileo, které se v omezeném režimu díky neroztažené parabole potýkalo se zásadními potížemi. Pro cubesaty je však velká parabola v podobě drátěného deštníku nedosažitelným snem. Co může pro miniaturní sondy fungovat jako hlavní řešení, by ale při jen maličko odvážné spekulaci mohlo fungovat jako záložní řešení pro sondy obvyklejších rozměrů. Představme si, že by záložní zařízení velikosti krabičky od sirek, z něhož se nafoukne náhradní anténa, dokázalo z velké části zachránit celou misi. O [nafukovacích anténách](#) jsme na našem portálu už psali, takže čtenáře pro podrobnější informace odkáží na starší článek.



Porovnání válcové a kuželové antény, dole zisk antén zdroj:

web.mit.edu



Anténa v elektromagnetické komoře zdroj: img.mit.edu

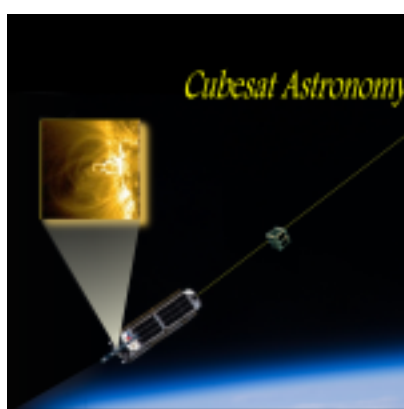


Rozkládací koncepce agentury DARPA zdroj: 1.bp.blogspot.com

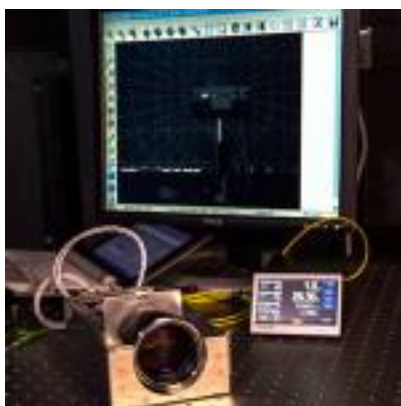
Let v přesné formaci

Vědecká komunita už dlouho sní o virtuálních teleskopech, teleskopech s opravdu velkou sběrnou plochou, nebo alespoň o zařízeních se samostatně se pohybující optikou a částí

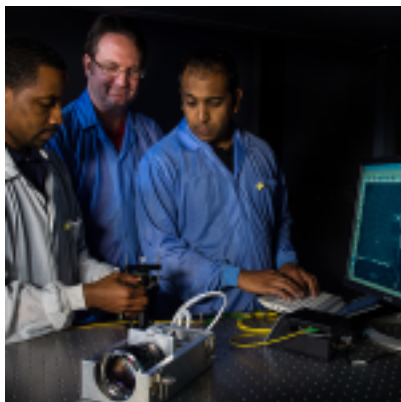
zachycující v jejím ohnisku vytvořený obraz. To vše by umožnilo budovat zařízení s mnohonásobně větším rozlišením a variabilitou, vedle nichž observatoře s klasickou konstrukcí beznadějně blednou. Posledním ad acta odloženým projektem tohoto ražení je rentgenová observatoř XEUS, která se nakonec přerodila v sice vše dosud vyrobené překonávající – leč přece jen mnohem skromnější – ATHENU. Pro původní podobu projektu je nutné zvládnout přesné udržování zadané formace i její změnu pro různá pozorování. To vyžaduje umět vzájemnou pozici změřit, vyhodnotit a provést korekci, což obnáší vývoj čidel, algoritmů a výkonných prvků, to vše bez zkušeností, a proto s velkým rizikem neúspěchu. Zajistit financování pro takové mise bývá značně obtížné. Co to, že jsem se v článku oslavujícím to nejmenší, co umíme vyrobit, nechal unést nostalgickým oplakáváním těch nejambicióznějších megaprojektů?



Schema optického systému VTAS



Detailní pohled na optickou část virtuálního teleskopu VTAS



Sean Semper (zleva), Phil Calhoun a Neerav Shah společně se svým výtvořem

Pokud tušíte, že i tady nám cubesaty mohou prošlapat cestičku, tušíte správně. NASA právě rozvíjí projekt demonstrátoru (VTAS) Virtual Telescope Alignment System nebo-li virtuálního teleskopu právě na platformě dvou nezávislých cubesatů letících v extrémně přesné formaci. Na palubě 1U cubesatu by měla být optika, senzory by nesl 3U cubesat. Samozřejmě cubesaty nemohou překročit některá omezení daná jejich velikostí, a tak se vědecké zaměření projektu týká optického pozorování Slunce, kde technologie VTAS už v tomto minimalistickém provedení může mimo provozních testů přinášet také hodnotné vědecké výsledky. Nutno zmínit, že kosmické agentury si uvědomují, že řešení tohoto problému nás v dohledné době nemine, stejně jako to, že už se již rýsuje na dosah našich možností. A tak se rodí i demonstrátory jako PROBA-3 a LISA Pathfinder. Ovšem cubesaty mají technologické průkopnictví v popisu práce, tak proč je k němu nepustit.

Pohonné systémy

Tady bude postup technologie opačný, směrem od velké mise ke cubesatům. Mikroiontové motory ST7, které Busek Space Propulsion nabízí pro cubesaty (o [principu mikroiontových motorů](#) jsme informovali už dříve), byly v původní verzi gravitační observatoře LISA – nikoli e-LISA jak se jmenuje pod hlavičkou ESA – plánovány pro jemné manévrování jednotlivých sond při udržování vzájemné extrémně přesné pozice potřebné pro pozorování gravitačních vln. Avšak cubesaty by mohly pomoci zvýšit jejich spolehlivost, díky většímu množství vyrobených kusů a z toho plynoucím odpovídajícím zkušenostem s výrobou. Využití takového pohonu je pro gravitační observatoř nutností, k podobným účelům dosud používané hydrazinové motorky jsou sice už z principu spolehlivé a vyzkoušené, ale na podobnou práci jsou i v těch nejmenších provedeních stále příliš neohrabané. Právě mikroiontové motory, schopné udělit cubesatovým trpaslíkům delta v potřebné pro změny parametrů oběžné dráhy, jsou schopny několikanásobnou observatoř jemně pošťuchovat a tak ji udržet na vzdálenost milionů kilometrů s centimetrovou přesností. Pro upřesnění zmíním, že ESA pro svoji verzi projektu nazvanou e-LISA vyvíjí zcela nové motory nazvané FEEP, jejichž tah odpovídá síle, jakou působí padající vlas zde na Zemi (přesněji 0,1 – 150 mikronewtonů), ale to už je téma na jiný článek. Podrobnější informace o principu mikroiontové pohonné jednotky se můžete dočíst ve [starším článku](#).

Popřejme si všichni do nového roku podobně progresivní vývoj na poli miniaturizace nejen v oboru cubesatů, stejně jako maximální využití takto vyvinutých technologií při zvyšování výkonu top misí.

Zdroje:

<http://www.nasa.gov/content/goddard/nasa-creating-a-virtual-telescope-with-two-small-spacecraft/#.VKf8ol1IJz0>

<http://www.universetoday.com/115626/making-cubesats-do-astronomy/>

<http://gsfctechnology.gsfc.nasa.gov/VirtualTelescope.html>

http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/ESA_designs_its_smallest_ever_space_engine_to_push_back_against_sunshine

http://www.esa.int/Our_Activities/Operations/OPS-SAT

http://www.esa.int/Our_Activities/Operations/OPS-SAT_Evolving_Software_Technology_for_Spacecraft_Operations

<https://www.elisascience.org/articles/lisa-pathfinder/lpf-technology/st7>

<http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?filename=0&article=1271&context=smallsat&type=additional>

<http://pilsencube.zcu.cz/cs/node/35>

Zdroje obrázků:

http://pilsencube.zcu.cz/sites/default/files/0911101_cubesat_explode.png

http://pilsencube.zcu.cz/sites/default/files/0911101_cubesat_135deg_0.png

http://pilsencube.zcu.cz/sites/default/files/100717_payload1a.jpg

http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2014/01/ops-sat/13484610-1-eng-GB/OPS-SAT_node_full_image_2.png

http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2012/03/cad_drawing_of_ops-sat/9706623-3-eng-GB/CAD_drawing_of OPS-SAT_node_full_image_2.jpg

<http://d1jqu7g1y74ds1.cloudfront.net/wp-content/uploads/2014/10/FutureCubesatAstronomy3.png>

http://www.nasa.gov/sites/default/files/shah_and_team_0.jpg

<http://gsfctechnology.gsfc.nasa.gov/images/Shah%20Instrument%20SetupArticle.jpg>