

Studerende bygger satellit

Studerende på Danmarks Tekniske Universitet er ved at udvikle deres egen satellit med navnet DTUsat. Satellitten skal opsendes i 2003.



Foto: Stensat

Sådan kan en færdigbygget Cubesat se ud. Satellitten på billedet, StenSat, er bygget af en gruppe radioamatører i USA.

Af Niels Holmgård Andersen

■ Studerende på Danmarks Tekniske Universitet er i fuld gang med at udvikle en meget lille satellit med navnet DTUsat. Satellitten, er et kreativt ingeniørprojekt, hvor fascination og skaberglæde er dominerende. Satellitten skal styres fra en jordstation. Herfra kan f.eks. gymnasieelever hente data via Internet.

Den færdigbyggede satellit kommer til at veje 1 kg og fylde 10×10×10 cm. De små dimensioner er med til at gøre opsendelsen af satellitten billig og nem, hvilket primært skyldes, at de ydre mekaniske mål er standardiserede, så satellitten kan opsendes sammen med flere andre såkaldte CubeSats i et fælles affyringsrør på toppen af en russisk løfteraket. CubeSat-

konceptet stammer fra Stanford University, og er på kort tid blevet meget populært, da det har gjort det muligt at forkorte udviklingstiden og -omkostningerne for »hobbysatellitter«
drastisk.

Vi regner med at kunne sende DTUsat op i foråret 2003. Endnu ved vi ikke, hvilken bane satellitten kommer op i, men det bliver sandsynligvis en polær bane i omkring 650 km højde. Det betyder, at satellitten kommer til at overflyve hele jorden hen over polerne to gange i døgn.

En enestående mulighed for samarbejde

Projektet startede som en ide i foråret 2001 og tog rigtig fart i de sidste to uger af sommerfe-

rien. Projektet giver studerende mulighed for at arbejde sammen i en stor gruppe. Lige nu er 38 studerende med i satellitprojektet, men det kommer forhåbentlig op på omkring 60 i foråret 2002. Det betyder, at en overraskende stor del af tiden bruges på at kommunikere, fastlægge grænseflader for de delsystemer, som satellitten består af, samt i det hele taget at samarbejde på tværs af grupper og fag.

En satellit stiller strenge krav til pålidelighed, fordi man ikke lige kan hente den hjem for at skifte en komponent eller sætte et stik på igen. Hvis noget går galt, risikerer missionen at mislykkes.

Satellitten bliver udsat for ekstreme mekaniske påvirkninger på vej op i rummet på spid-

sen af et ombygget russisk interkontinentalt missil. Når den er kommet op, skal den fungere i vakuum over et temperaturområde fra omkring -40°C i skyggen til omkring 100°C i solen, samtidig med at den udsættes for radioaktiv stråling. Det betyder, at fejltolerance, kvalitetssikring og en grundig test af alle delsystemerne, både sammen og hver for sig, bliver en meget vigtig del af projektet.

Succeskriterier

Succeskriterierne for DTUsat er:

1. At alle lærer noget og får både faglig og samarbejds-mæssig viden.
2. At færdiggøre og dokumentere delsystemerne, så andre kan få glæde af dem, og så der

ikke skal startes forfra, hvis et hold eller enkeltpersoner falder fra undervejs.

3. At modtage data fra satellitten, der fortæller om delsystemernes status.
4. At etablere tovejskommunikation med satellitten.
5. At opnå fuld kontrol over satellittens orientering og bevægelse i rummet.
6. At modtage billeder af jorden fra et inbygget kamera.
7. At udrulle en lang aluminiumstråd fra satellitten, en såkaldt tether.
8. At ændre satellittens bane ved at styre den elektriske strøm gennem tetheren.
9. At ændre satellittens bane ved hjælp af den elektrodynamiske tether.

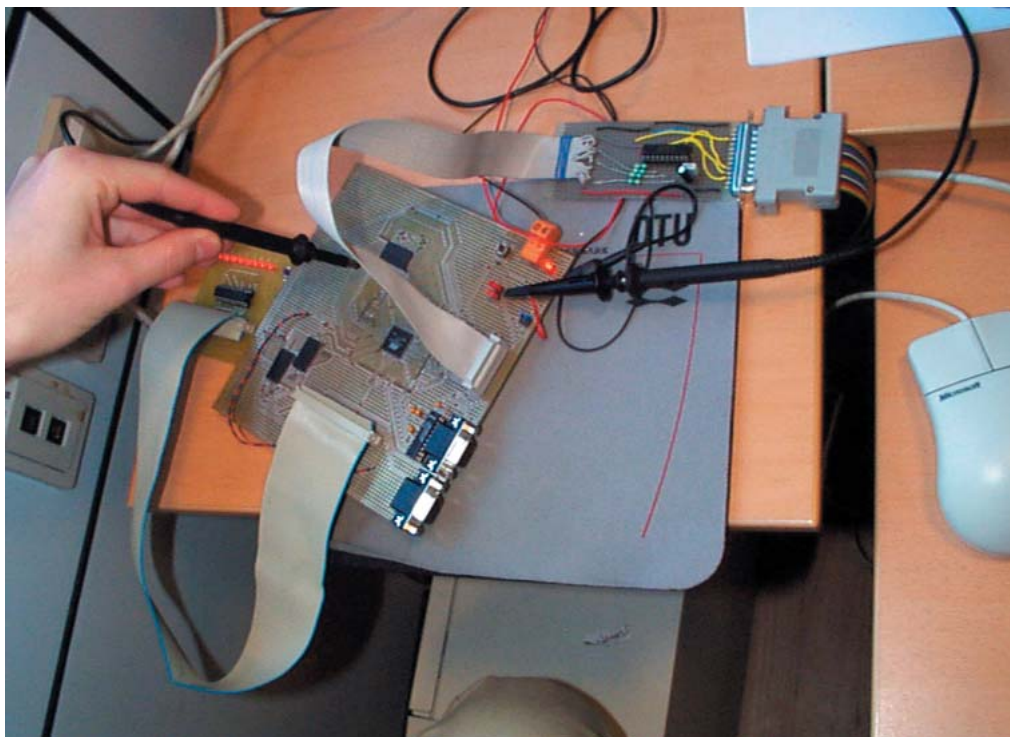


Foto:

Prototypen på satellittens computer. Her er målet 16 gange 12 cm. - dvs. 4 gange større end den, der skal installeres i DTU-sat.

Denne prioritering er ganske velovervejet. Den går frem efter en kombination af antallet af delsystemer, der skal fungere, før et succeskriterium er opfyldt, samt af risikofaktorerne ved de enkelte delmål.

Projektorganisering

Design og bygning af en lille satellit er meget omfattende. Derfor har vi organiseret os i 11 grupper, der hver arbejder med et af satellittens delsystemer. Hver gruppe har tilknyttet en vejleder. Trådene samles i en gruppe, som består af studerende fra alle grupper og som på »godt dansk« kaldes System Engineering. Det kan oversættes til en mellemting mellem systemdesign, integration og samarbejde. System Engineering sørger for, at undergrupperne arbejder hen imod én satellit, som kan sættes sammen og bringes til at fungere.

Teknisk formål

- hvad kan satellitten?

I kommercielle satellitter kaldes det tekniske formål med satellitten dens *payload* (nyttelast), dvs. det eller de systemer der er grunden til, at satellitten sendes op. Nyttelasten er typisk et videnskabeligt eksperiment (som f.eks. magnetometeret på

Ørsted-satellitten), et kamera (som på Landsat, Meteosat og diverse spionsatellitter) eller en radiosender og -modtager (som på alle kommunikationssatellitter). Resten af satellitten, dvs. de systemer, der skal være der, for at nyttelasten kan fungere, kaldes *platformen* og forbigås ofte lidt i tavshed. I og med, at DTU-sat er en studenter-satellit gælder denne opdeling ikke. Platformen er en ligeværdig del af projektet, da den faktisk er mere kritisk for satellittens succes end payloaden. Projektets absolut vigtigste nyttelast bliver slet ikke sendt op, da den består af de erfaringer, vi opnår ved at bygge satellitten.

Ny teknik til ændring af bane

En af satellittens nyttelast er en elektrodynamisk *tether* (se boks), en tynd aluminiumstråd på ca. en kilometers længde, der skal opsamle frie elektroner i rummet. Ved at udsende de opsamlede elektroner fra satellitten vil der løbe en strøm i tråden. Da satellitten bevæger sig i jordens magnetfelt, vil det give anledning til en påvirkning af

satellitten, der kan ændre dens bane uden at bruge brændstof. Denne teknik er forsøgt implementeret før, men det er mislykkedes for både NASA og ESA. Måske lykkes det for os!

Kamera med om bord

Den anden nyttelast består af et kamera, der skal tage billeder af jorden, først og fremmest til PR-formål. Vi planlægger at opsende et såkaldt *CMOS*-kamera, der er en ny, relativt billig og ikke særlig strømkrævende teknik. Vi forventer ikke at producere billeder i verdensklasse, men det ville da være sjovt at kunne genkende Danmark fra ens egen satellit. Desuden kan værdien af denne payload forstås og præsenteres uden videre, også for folk uden særlige tekniske forudsætninger.

Målesender

Den tredje nyttelast er en målesender, der kan hjælpe radioamatører med at teste deres udstyrs følsomhed. Denne sender er en gentjeneste – det internationale amatør-satellitforbund, AMSAT, giver os lov til at bruge en af deres radiofrekvenser til

at kommunikere med satellitten. Til gengæld vil de gerne have noget at bruge satellitten til, hvilket er lidt svært at give mulighed for på grund af den meget begrænsede elektriske effekt ombord. Vores ide er at udsende en besked via radioen gentagne gange med lavere og lavere signalstyrke. Styrken af den sidste besked, som en radioamatør kan høre, giver ham et mål for, hvor følsomt hans udstyr er. Som fjerde og sidste payload har vi kontakt med flere danske firmaer, der er interesserede i, at vi tager deres produkter med for at afprøve dem i rummet.

Platformens opgaver

For at disse payloads kan fungere, skal resten af satellitten, platformen, tilbyde en del services bl.a. computerkraft, kommunikation og beskyttelse mod rummet. Strømmen leveres af solceller på satellittens sider og et genopladeligt batteri, der gemmer strøm til tidspunkter, hvor solcellerne ikke kan levere strøm nok, f.eks. når satellitten befinder sig i jordens skygge. Da satellitten er så lille, er det ikke



En skalamodel af satellitten med tether bygget i pap og med monteringsstråd.

så nemt endda. Både små og store satellitter har brug for en radio. Der er ikke så stor forskel på, hvad den skal kunne, men en stor satellit har plads til langt flere solceller og dermed langt mere effekt til rådighed i forhold til netop dette delsystem. Denne problematik gentager sig

i næsten alle de delsystemer, vi har.

Styring i rummet vha. Jordens magnetfelt

Et tre-akset attitudekontrollsystem kan få satellitten til at vende sig i en hvilken som helst retning i rummet. Det vil vi

også bruge Jordens magnetfelt til. Ved at have elektromagneter ombord kan vi få satellitten til at rette sig ind efter magnetfeltet på samme måde som en kompasnål. Der er nogle ting, der gør det svært at opnå en god kontrol over satellittens bevægelser på denne måde. Dels skifter jordens magnetfelt retning, alt efter hvor satellitten er, og dels kan man ikke regulere satellittens rotation omkring feltlinjerne. Hvis satellitten skal drejes omkring en akse, der peger i magnetfeltets retning, er vi nødt til at vente, til vi kommer ind i et område, hvor magnetfeltet vender anderledes. Dette er en del mere besværligt end bare at kunne gøre det øjeblikkeligt med inertihjul eller manøvreraketter. Fordelen ved at regulere attitude på den måde er, at der ikke skal bruges tung mekanik eller brændstof, men kun spoler, strøm, regnekraft og tid.

Computer og radio

For at kunne styre alle funktioner ombord har vi en lille computer med. Den er ikke meget større end et kreditkort, men har alligevel en hel megabyte hukommelse til programmer og data. Computeren er temmelig kraftig i forhold til satellittens størrelse og behov. Vi forsøger at bygge hardware og udvikle software, der uden videre vil kunne indgå i den næste DTU-satellit. Det betyder, at softwaren er nødt til at være meget generel og

modulopdelt, hvilket er tungere for computeren at køre end en kode, der er optimeret til lige præcis denne mission. Softwaren ombord er samtidig nødt til at være exceptionelt stabil. En af de specielle udfordringer er at kunne konfigurere og opgradere softwaren undervejs – f.eks. til at holde op med at bruge et system, der har udviklet en fejl. Desuden er rummet et hårdt miljø for software at arbejde i, da den radioaktive stråling kan medføre at programmerne ændrer sig. Derfor er vi nødt til at kunne sende ny software op fra jorden til at erstatte den fejlbehæftede.

Et andet kritisk delsystem er satellittens radio. Hvis satellitten ikke kan kommunikere med jorden er det meningsløst at bygge den. Radioen gør det muligt at finde ud af, hvordan satellitten har det, hente data fra payloads og kommandere satellitten til at gøre noget.

Ubemandet jordstation

For at holde kontakt til satellitten bygger vi en jordstation, der indeholder en antenne, en radio, computer og andet udstyr. Jordstationens software skal følge satellitten med antennen på jordstationen, når den flyver forbi et par gange om dagen. Programmet skal også sørge for, at kommandoer til satellitten bliver sendt af sted, og at data bliver hentet ned i de korte tidsrum, hvor der er kontakt. Det er vigtigt, at jordstationen fungerer ubemandet og pålideligt, så der ikke skal sidde en person og overvåge satellitten hele døgnet. Endelig oversættes data fra satellitten til billeder og grafer, som kan præsenteres på DTU-sats hjemmeside.

Mekanisk struktur

Sidst, men absolut ikke mindst, skal der bruges en mekanisk struktur til at samle alle delene til en satellit. DTU skal kunne holde til at blive sendt op med en raket, hvilket stiller store krav til strukturens styrke. På den anden side må den ikke veje for meget, for satellittens maximale vægt er præcis 1 kg. Det gælder altså om at optimere

Elektrodynamisk Tether

En elektrodynamisk tether er en af de to nyttelaster, der skal designes, konstrueres og bygges til DTU-sat studentersatellitten. Et "space tether system" er simpelthen et tov eller en snor, udsæendt i rummet. Pga. vægtløsheden kan en sådan tether dog være meget lang, hvilket giver nogle helt unikke problemer. Det kan lade sig gøre at konstruere over 100km lange tethers, hvor omkring 5km er den praktiske grænse ved jordoverfladen.

En tether kan bruges til at slynge f.eks. en satellit ud fra en rumfærge (for at spare brændstof), eller to rumstationer kan rotere omkring hinanden, fastspændt med en tether (for at centrifugalkraften skal virke som tyngdekraft).

En mere bemærkelsesværdig mulighed er den "elektrodynamiske" tether, hvor man ved at lede en strøm igennem en tether, kan påvirke jordens magnetfelt. Man kan så at sige "skubbe fra" på magnetfeltlinjerne, og dermed

accelerere en satellit uden brug af hverken dyre raketter eller brændstof. Der bruges kun elektricitet, der kan fås fra solceller!!

Dette har perspektiver for billigt at sende satellitter til Månen eller Mars. Allerede på nuværende tidspunkt kunne dette princip benyttes til at fjerne en udtjent satellit fra sit kredsløb, hvilket det netop er målet, at demonstrere med denne nyttelast.

Når vi siger "demonstrere", så er det fordi, at ingen endnu har fået denne banebrydende teknologi til at virke. Vores nyttelast skal da også ses som både et videnskabeligt forsøg, såvel som en "grøn" mission: DTU-sat skal ikke blive hængende og "forurene" rummet i hundreder af år, som mange andre satellitter vil gøre det, men vil (når dens andre formål er opfyldt) forhåbentlig blive den første satellit i verden, der er blevet sendt ned fra kredsløb, uden brug af raketter.

Yderlige oplysninger:
<http://liftoff.msfc.nasa.gov/academy/tether/dynamics.html>

den måde materialerne bruges på meget grundigt. Strukturen har også til opgave at beskytte satellitten mod det hårde miljø, som den befinder sig i. Del-systemernes er dybt afhængige af hinanden. Der skal ikke gå meget galt, før DTUsat hænger hjælpeløst i rummet uden at kunne foretage sig noget som helst.

Skaberglæde driver værket

Hvis det kan kommunikeres ud i samfundet, hvor meget kreativt arbejde der ligger bag et projekt som dette, hvilken fascination og skaberglæde der trækker det, tror vi, at det kan være med til at udrydde fordomme og øge

interessen for teknik og naturvidenskab. Endelig er der noget særligt ved at kunne pege op på nattehimmelen og sige: Den har jeg været med til at lave!

Vi håber, at denne beskrivelse

har givet et indtryk af, hvor stort og vidtfavnende projektet er. Hvis du har spørgsmål, er interesseret i at støtte os eller være med, hører vi gerne fra dig. Besøg: www.dtusat.dtu.dk . ☺

Hvor kommer pengene fra?

Det Offentlige Forskningsudvalg for Rummet har doneret 1,1 mio. kr. til deling mellem DTU og Aalborg Universitet. Forskellige virksomheder stiller vederlagsfrit komponenter og testfaciliteter til rådighed. Herudover vil private fonde blive ansøgt om midler. DTUsat forventes at koste 1,3 mio. kr. inklusive opsendelse.

DTUsat har en styrekomité, som består af repræsentanter fra danske virksomheder og institutioner, som alle har erfaring med satellitter og rummet samt af studerende og vejledere på projektet.

Om forfatterne:

Afstud. polyt. Niels Holmgård
Andersen, Ørsted-DTU,
Danmarks Tekniske
Universitet
mere.....?

Yderlige information:

Hjemmeside for DTUsat:
www.dtusat.dtu.dk
Cubesat på
Aalborg Universitet:
www.cubesat.auc.dk/
Andre links:
www.cubesat.org