

# **APRS- en ander digitale dienste van Sunsat Oscar-35: Uitvloeisels van die strewe na beter benutting**

Johann Lochner, ZR1CBC, en Hans Grobler

Departement Elektriese en Elektroniese Ingenieurswese, Universiteit van Stellenbosch,  
Privaatsak X1, 7602 Matieland, Suid-Afrika. Telefoon: +27 21 808 3763, faks: +27 21 808 4981,  
e-pos: <lochner@ing.sun.ac.za>, Internet: <<http://sunsat.ee.sun.ac.za/index.html>>.

## **1 Inleiding**

Sunsat se twee hoofvrae, 'n hoëresolusie CCD-kamera en NASA se GPS-ontvanger, genereer tydens onbelemmerde werking rondom 55 megagrepe (MG) onverwerkte data per dag.<sup>1</sup> Weens die faling van Sunsat se hoëspoed dataskakel, enkele weke na lansering, sowel as die onbenutbaarheid van die mediumspoed rugsteunstelsel, is alternatiewe vir die aflaai van groot datavolumes ondersoek.

Sunsat se oorblywende senders, normaalweg benut vir 1 200 en 9 600 bis/s telemetrie en dataskakels, kan in beide die kommersiële en amateursatelliet BHF en UHF bande gebruik word. Die hoop vir die verkryging van hoër datatempo's steun op die doeltreffende benutting van dié uitsaaipaaie. Suksesvolle eksperimente dui daarop dat die beste benutting moontlik is deur samewerking met strategies geleë radio-amateurs regoor die wêreld.

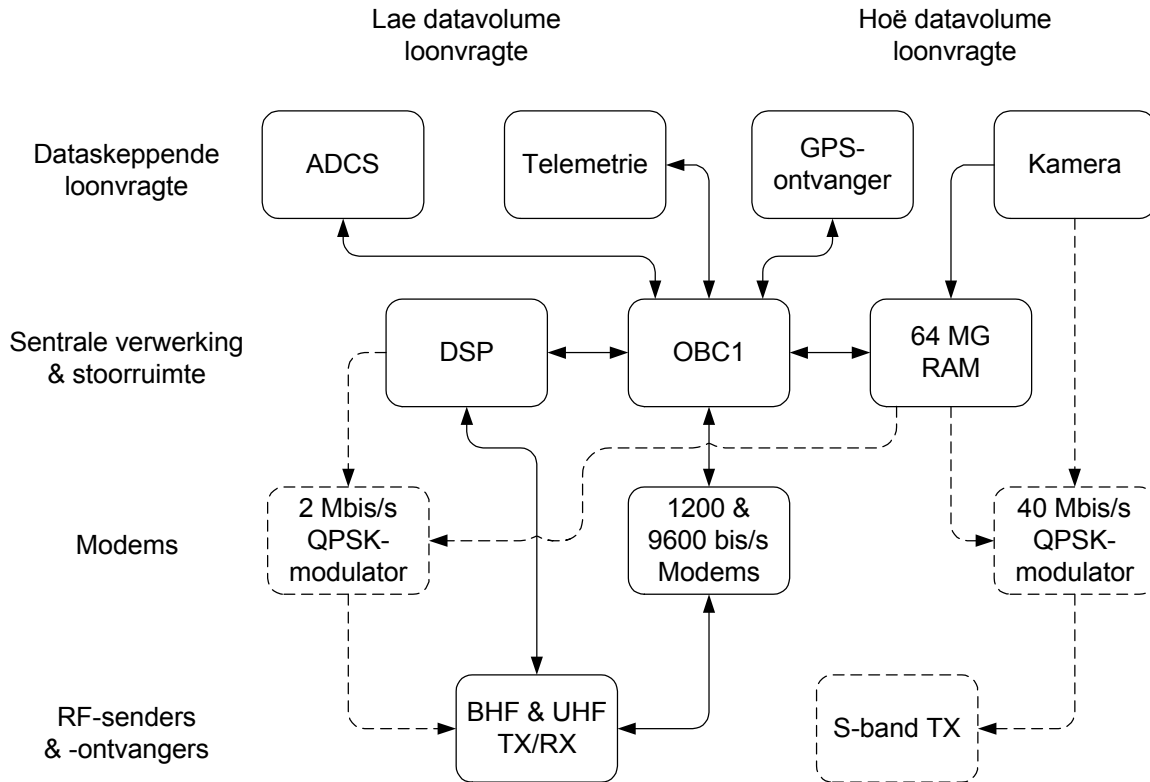
Kort ná Sunsat se lansering is aan die vereistes vir die toekenning van 'n OSCAR-nommer voldoen. Sedertdien het die satelliet as oudioherhaler geliefd geword in die radio-amateurgemeenskap en staan bekend as Sunsat Oscar-35, of kortweg SO-35.<sup>2</sup> Die vlugsagteware is onlangs uitgebrei vir wêreldwye data-uitsendings en ondersteuning van die baie gewilde APRS.<sup>3</sup> Radio-amateurs kan nou vir die eerste keer direk bydra tot so 'n program se sukses. Met hul hulp lyk Sunsat se toekoms rooskleurig.

## **2 Loonvrae en bandwydte-behoeftes**

Sunsat huisves vier dataskeppende loonvrae, soos aangedui deur die boonste ry blokkies in Figuur 1. Gesamentlik genereer die twee lae datavolume stelsels, die

- 
- 1 Teen 'n tempo van een foto per dag.
  - 2 OSCAR is 'n akroniem vir *Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio*. Sien <<http://esl.ee.sun.ac.za/~lochner/sunsat/index.html>> vir meer inligting oor die vereistes vir en tradisie van die OSCAR satelliete.
  - 3 Sien Wade 2000. APRS staan vir *Automatic Position Reporting System*, ontwikkel deur Bob Bruninga, WB4APR.

ADCS<sup>4</sup> en Telemetriestelsel,<sup>5</sup> sowat 150 kilogramme (kg) per dag en sou dus met gemak geakkommodeer kon word deur die standaard 9 600 bis/s skakels. Daarteenoor staan die twee hoëvolume loonvragte: NASA se GPS-ontvanger genereer sowat 5 megagrepe (MG) per week en die hoëresolusie CCD-kamera byna 54 MG<sup>6</sup> per foto.



Figuur 1: Dataskeppende loonvragte en uitsaipaai op Sunsat. Die nou onbruikbare 40 Mbit/s en 2 Mbit/s paai word met gebroke lyne aangedui. Alle data moet via OBC1 langs die BHF of UHF pad afgelaai word.

Oorspronklik is beplan om die GPS- en beelddata langs die 40 Mbit/s S-band sendpad, soos getoon in Figuur 1, uit te saai. Die QPSK-modulator het egter enkele weke na lansering gefaal. Die 2 Mbit/s UHF sendpad (wat uitsaai op 'n kommersiële frekwensie) is onbruikbaar oor die Stellenbosch-grondstasie, weens sterk seine wat die band beset. Alle data moet dus via OBC1 en moontlik nog die DSP<sup>7</sup> herlei word om

- 
- 4 *Attitude Determination and Control System*, oftewel Oriëntasiebepaling- en -Beheerstelsel, verantwoordelik vir die rig van die satelliet tydens fotosessies, sowel as die eweredige sonblootstelling van die satellietoppervlak.
  - 5 Verantwoordelik vir die periodiese versameling van data vanaf temperatuur-, spanning-, stroom- en ligsensors regoor die satelliet.
  - 6 'n Standaard beeld lewer  $3490 \times 5400$  pixels, met drie 8-bis kanale per pixel.
  - 7 OBC1: *On-Board Computer 1* of Aanboordrekenaar 1 (Intel 80188EC). DSP: *Digital Signal Processor* of Syferseinverwerker (Motorola DSP56L002).

langs die BHF of UHF paaie afgelaai te word. Indien die aanboordrekenaar steeds sy ander stelselondersteunende funksies vervul, plaas dit 'n bogrens van ongeveer 80 kbis/s op die bereikbare datatempo.

### 3 Die weg na beter benutting

Met Sunsat se GPS-ontvanger en hoëresolusie CCD-kamera getoets en gereed vir die neem van foto's, was die verlies van die hoëspoed dataskakel 'n geweldige terugslag. Metodes om die teenspoed ten beste te bowe te kom is ondersoek. 'n Dimensielose benuttingsverhouding,  $\eta$ , vir die vergelyking van verskillende metodes (of kombinasies daarvan), kan soos volg uitgedruk word:

$$\eta = \frac{\text{datatempo} \times \text{protokoleffektiwiteit} \times \text{aflaaityd}}{\text{datavolume} \times \text{kompresieverhouding}} \quad (1)$$

Die strewe is om die verhouding te maksimeer deur manipulasie van die getoonde veranderlikes. Vir vergelykingsdoeleindes word aanvaar dat daar tydens onbelemmerde werking gemiddeld sowat 55 MG per dag afgelaai sou word.<sup>8</sup> Die benuttingsverhouding kan dus vir 'n verskeidenheid situasies bereken word, genormaliseer vir 'n konstante datavolume. 'n Uiteindelijke benuttingsverhouding van een of meer sal impliseer dat die reddingspoging volkome geslaag het.

Vir vergelykingsdoeleindes word die situasie pas na die senderfaling beskou. Die maksimum beskikbare datatempo is 9 600 bis/s. Sunsat is tipies vier keer per dag vanaf Stellenbosch sigbaar, vir 12 minute per verbyvlug. Vir 'n AX.25<sup>9</sup> effektiwiteit van (sê) 80 % word die benuttingsverhouding dus:

$$\eta = \frac{9\,600 \times 0.8 \times (60 \times 12 \times 4)}{(55 \times 2^{20} \times 8) \times 1.0} = 0.048 \quad (2)$$

Sunsat se benutting oor die Stellenbosch-grondstasie het dus gedaal tot minder as 5 % van die verwagte benutting vóór die faling. Die moontlike (of reeds verkreeë) impak van elk van die veranderlikes wat die benuttingsverhouding beïnvloed word vervolgens ontleed.

#### 3.1 Kompresieverhouding

Met kompresiealgoritmes soos JPEG word beelde dikwels met 'n faktor 10:1 tot 20:1 verklein (kompresieverhouding van 0.1 tot 0.05), sonder opmerklike verswakking in die

8 Onder die aanname dat slegs een foto per dag geneem en langs die S-band QPSK sendpad afgelaai sou word.

9 Pakkieradio-protokol, gebruik deur radio-amateurs en deur Sunsat.

kwaliteit teen volresolusie. Veral drie oorwegings geld egter wanneer moontlikhede vir Sunsat se beelde ondersoek word:

- Beperkte verwerkingskrag op satelliet
- Beperkte stoorruimte op satelliet
- Slegs beperkte dataverlies aanvaarbaar

Die JPEG-algoritme skiet te kort by al drie oorwegings. Die reuse-volume data per beeld maak verwerking met OBC1 (met sy beperkte geheue) onmoontlik. Boonop is geen wisselpunt-medeverwerker beskikbaar nie. Die DSP beskik wel oor die hulpbronne om die taak aan te pak, maar geen JPEG-kode is beskikbaar nie. Dis 'n vastepunt-verwerker wat weens gebrekkige hoëvlak oplossings direk in saamstelkode geprogrammeer word. Die implementering van die JPEG-algoritme op dié verwerker sal 'n ervare programmeur etlike maande kos. Boonop is die JPEG-algoritme erg verlieserig, hoewel nie duidelik sigbaar met die blote oog nie.

Met aanpassende algoritmes, soos gebruik op sommige van die UoSAT sateliete, word kompressieverhoudings van tussen 0.25 en 0.4 verkry.<sup>10</sup> Daar word dus, as 'n eerste benadering, aanvaar dat 0.25 'n minimum syfer is waarna gemik kan word. Die maksimum benuttingsverhouding verkrygbaar, deur slegs op beeldkompressie te fokus, is dus:

$$\sim \text{fi} \frac{9\,600 \times 0.8 \times (60 \times 12 \times 4)}{(55 \times 2^{20} \times 8) \times 0.25} \text{fi} 0.192 \quad (3)$$

Deur te let op die laagdeurlaat-aard van beelde in die algemeen is 'n eenvoudige kompressie-algoritme reeds met behulp van die DSP geïmplementeer. Die relatief klein oorgange<sup>11</sup> tussen naasliggende pixels (sien Figuur 2 vir 'n voorbeeld van 'n beeld) word uitgebuit om 'n kompressieverhouding van sowat 0.625 te lewer. Verdere werk word tans onderneem, maar die huidige kode het reeds tot 'n noemenswaardige toename in die benuttingsverhouding gelei:

$$\sim \text{fi} \frac{9\,600 \times 0.8 \times (60 \times 12 \times 4)}{(55 \times 2^{20} \times 8) \times 0.625} \text{fi} 0.077 \quad (4)$$

---

10 Sien Brewer 1995 vir 'n bespreking van verlieslose en verlieserige algoritmes, oorwegings vir die keuse van 'n algoritme vir PoSAT 1, sowel as die implementering van die gekose algoritme.

11 Meer as 99.9 % van die oorgange of deltas tussen naasliggende pixels kan deur slegs 5 bisse voorgestel word, teenoor die 8-bis dinamiese bereik per kanaal. Dis die gevolg van die korrelasie tussen naasliggende pixels, 'n laagdeurlaatproses.



Figuur 2: 'n Uittreksel van 17.4 km × 10.9 km, uit 'n foto van die eiland Malta in die Middellandse See, geneem deur Sunsat op 15 Julie 1999 om 10:28:40 UTC. Afsonderlike woonbuurte, met paaie tot op sekondêre vlak, is duidelik sigbaar. In die middel onder is die Malta Internasionale Lughawe. Die drie kleurbande, naby-infrarooi, rooi en groen, is georden om die maksimum kontras tussen die beboude en begroeide gebiede te verkry. Die korrellasie tussen naasliggende pixels kan uitgebuit word om die kompressieverhouding te verhoog.

### 3.2 Datatempo

Soos vroeër onder Afdeling 2 genoem, impliseer die verpligte gebruik van OBC1 in die uitsaaipad 'n maksimum datatempo van ongeveer 80 kbis/s. Dis egter heelwat hoër as die aanvanklike 9 600 bis/s. 'n Aansienlike verbetering in die benuttingsverhouding sou dus bewerkstellig kon word deur op hierdie veranderlike in Vergelyking 1 te fokus. Die maksimum benuttingsverhouding word bereken as:

$$\sim \text{fi} \frac{(80 \times 2^{10}) \times 0.8 \times (60 \times 12 \times 4)}{(55 \times 2^{20} \times 8) \times 1.0} \text{ fi } 0.409 \quad (5)$$

#### 3.2.1 Byvoeging van tweede kanaal

Sunsat het twee FM-modulators en twee drywingsversterkers op beide die BHF en UHF bande. Deur wysigings aan die vlugsagteware is dit moontlik om data af te laai deur

twee modems, elk aan 'n FM-modulator gekoppel en elke FM-modulator aan 'n eie drywingversterker, of beide aan dieselfde een. Die eerste geval impliseer 'n seinsterkteverlies van 3 dB per FM-sein; die tweede vereis dat dubbel die drywing deur die satelliet se kragstelsel gelewer word.

Tydens hoëdrywing periodes, soos tans die geval,<sup>12</sup> kan twee drywingversterkers met gemak gebruik word. Die verhittingseffek, weens die beperkte effektiwiteit van die drywingversterkers, moet egter in ag geneem word. Die hoë-aanwinds antennes en sensitiewe ontvangers van die Sunsat-grondstasie bied in elk geval 'n veilige marge om ook betroubare ontvangs te verseker tydens laedrywing periodes, indien 'n enkele drywingversterker gebruik sou word. Met hierdie tegniek word die benuttingsverhouding verdubbel:

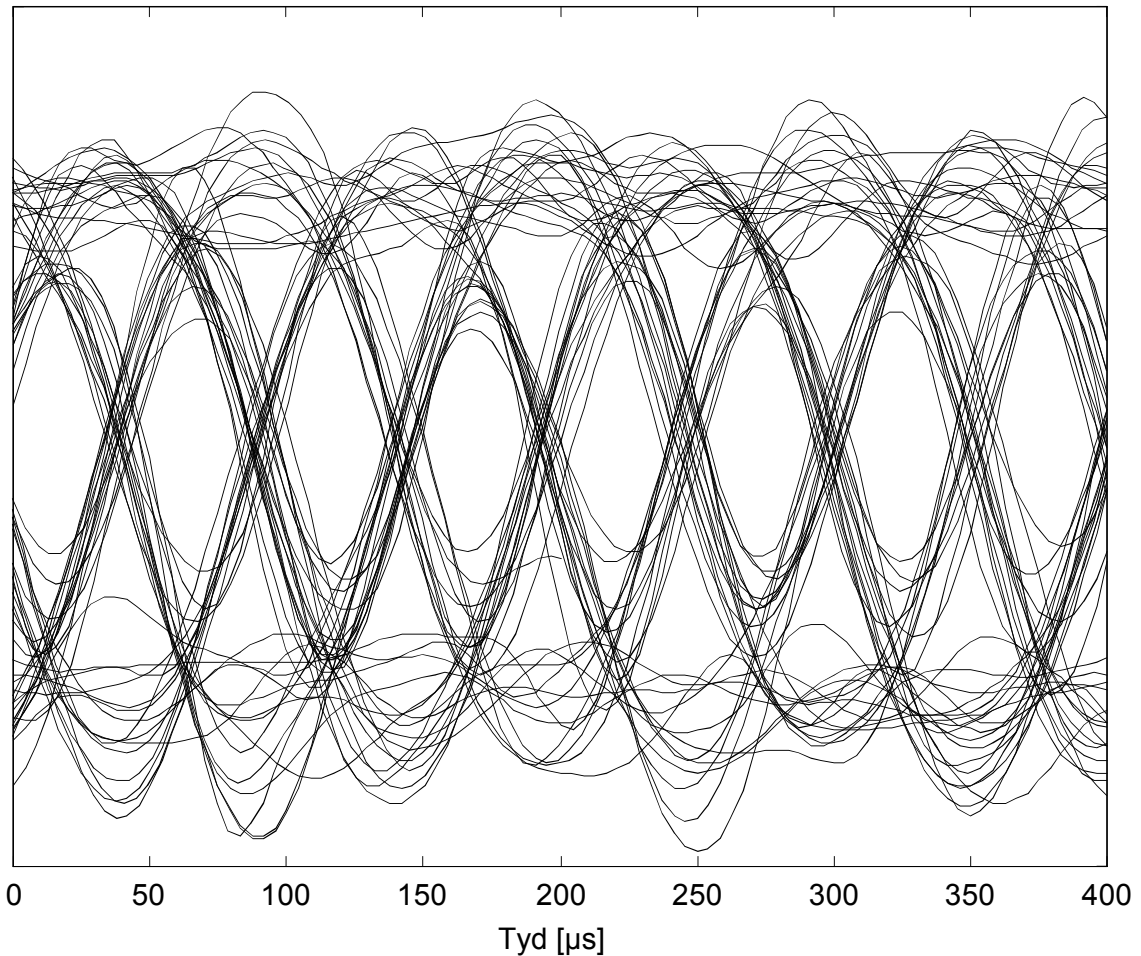
$$\sim \frac{(2 \times 9\,600) \times 0.8 \times (60 \times 12 \times 4)}{(55 \times 2^{20} \times 8) \times 1.0} \approx 0.096 \quad (6)$$

### 3.2.2 Verbreding van kanaal

Sunsat se FM-modulators bevat slegs 'n enkelpool by 10 kHz vir beskerming teen hoëfrekwensie (digitale) geraas en laat dus 'n betreklik wye basisband-sein deur. Die nouband FM-ontvangers wat in die grondstasie gebruik is, het egter die effektiewe benutting van die beskikbare bandwydte verhinder. Ulf Kumm, DK9SJ, se Symek IFD-module,<sup>13</sup> soos gebruik vir die ontvangs van UoSAT-12 se 38.4 kbis/s seine, is in 'n ontvanger ingebou om volle toegang tot die benutbare bandwydte te verkry. Die module kan G3RUH-modems tot spoede van 76.8 kbis/s akkommodeer.

Die bestaande 9 600 bis/s hardware-modems se klokspoed kan verdubbel word, met 'n merkbare afname in die oogopening<sup>14</sup> se grootte, soos getoon in Figuur 3, maar met betroubare kommunikasie steeds moontlik. Die poetsfilters by die modulator-uittrees se effek word egter problematies bó 19.2 kbis/s en verhoed dat die modems verder oorgeklok word. Die benuttingsverhouding word dus:

- 
- 12 Sunsat is tans in 'n skemerbaan, waar die wentelbaanvlak naastenby loodreg op die aarde-sonlyn lê. Gevolglik is die satelliet in permanente sonlig en kan die sonpanele aan die mees spandabelrige drywingsbehoefte voldoen. Dis egter ook 'n tyd van hoë temperatuur, wat veral die batterylewensduur verkort. Om die hoë temperatuur teen te werk is Sunsat omgedop, met sy mees uitstralende oppervlak (die bodemplaat) na koue ruimte gedraai en sy mees reflekterende oppervlak (die topplaat) na die son. Dié situasie sal voortduur tot middel-November.
- 13 Sien Kumm 2000 vir die spesifikasies van die module.
- 14 Sien Lochner 1998, Hoofstuk 2 vir 'n uitgebreide ontleding van die G3RUH-modem wat op Sunsat en ander FM-amateursatelliete gebruik word. Bandwydtekweesies en die interpretasie van die oogpatroon word onder meer behandel.



Figuur 3: Oogpatroon van die ontvangte sein vanaf Sunsat, soos gemeet tydens die tweede aandverbyvlug van 8 Augustus 2000, toe 'n hardware modem die eerste keer oorgeklok is na 19.2 kbis/s. Hoewel die poetsfilter by die modulator-uitree die datasein se hoëfrekwensie komponente begin onderdruk teen hierdie spoed, is die oog steeds oop genoeg vir betroubare kommunikasie.

$$\sim \text{fi} \frac{19\,200 \times 0.8 \times (60 \times 12 \times 4)}{(55 \times 2^{20} \times 8) \times 1.0} \text{ fi } 0.096 \quad (7)$$

Die DSP het egter onbelemmerde toegang tot die FM-modulators en kan gebruik word om 'n standaard G3RUH-modem teen 38.4 kbis/s te implementeer. Boonop kan die DSP die sein voorvorm om die pool by die FM-modulator-intree te neutraliseer. As alternatief sou 'n viervlak pulsamplitude-modulator teen 38.4 kbis/s binne dieselfde bandwydte as die 19.2 kbis/s tweevlak sein opgewek kon word. Dit bied die voordeel van beter bestandheid teen FM-ruis, ten koste van demodulator-eenvoud. Watter keuse ookal uitgeoefen word, die benuttingsverhouding neem toe tot:

$$\sim \text{fi} \frac{38\,400 \times 0.8 \times (60 \times 12 \times 4)}{(55 \times 2^{20} \times 8) \times 1.0} \text{ fi } 0.192 \quad (8)$$

### 3.3 Protokoleffektiwiteit

AX.25 is die voorkeurprotokol vir amateursatelliet-operasies en kan op Sunsat nie maklik met iets anders vervang word nie. Volledigheidshalwe is dit tot dusver ook in berekening gebring, maar geen formele metings is gedoen nie. 'n Effektiwiteit van 0.8 word aanvaar vir AX.25 in die gekonnekteerde modus omdat die syfers klop met dit wat in die praktyk ervaar word. Die enigste alternatief is AX.25 in die ongekonnekteerde modus, waarvoor 'n effektiwiteit van 0.9 in die volgende afdeling aanvaar word.

### 3.4 Aflaaityd

Wanneer die veranderlikes wat reeds in die praktyk getoets is gekombineer word om die huidige benuttingsverhouding oor die Stellenbosch-grondstasie te bereken, is dit duidelik dat die verlies van die hoëspoed dataskakels steeds nie oorkom is nie:<sup>15</sup>

$$\sim f_i \frac{(2 \times 19\,200) \times 0.8 \times (60 \times 12 \times 4)}{(55 \times 2^{20} \times 8) \times 0.625} \sim f_i 0.307 \quad (9)$$

Die laaste veranderlike, die aflaaityd, hou egter die sleutel. Die enigste manier om die aflaaityd te verhoog is om bykomende grondstasies te betrek. Vir dié doel is radio-amateurs 'n onontginde hulpbron. Deur uitsendings van ongekonnekteerde AX.25 data regoor die wêreld, met radio-amateurs wat data versamel en via die Internet aanstuur, kan die effektiewe aflaaityd met minstens ses keer verhoog word (een keer per bewoonde kontinent).

Uiters geslaagde toetse van so 'n uitsaai- en versamelmeganisme is in April 2000 met die hulp van nege radio-amateurs afgehandel, agt uit die VSA en een uit Australië.<sup>16</sup> Wanneer twee radio-amateurs met Pacsat-stasies gelyktydig luister, word meer as 99% van die pakkies gevang. In die meeste gebiede is die diversiteit veel hoër. Tydens die toetse is statuslêers vanaf die Stellenbosch-grondstasie opgelaa, maar reëlins vir 'n afstandbeheerbare grondstasie by SANAE<sup>17</sup> is reeds in 'n gevorderde stadium. So 'n stasie sluit as't ware die lus, om te keer dat data herhaaldelik uitgesaai word. 'n Stasie in Antarktika sal verseker dat die uitsaai-status elke 100 minute opgedateer word.

---

15 Let op dat die 38.4 kbis/s DSP-modems nog nie getoets is nie en dus nie in dié berekening gebruik word nie. Alles dui egter daarop dat hulle wel geïmplementeer kan word. Die benuttingsverhouding vanaf Stellenbosch sal dan styg tot 0.690.

16 Besondere hulp is ontvang van WB4APR, WB3ANQ, N7SFI, KB2WQM, KB0VBZ, N5ZNL, N4QWF, N3KTP en VK3JFK.

17 SANAE is 'n akroniem vir Suid-Afrikaanse Nasionale Antarktiese Ekspedisie (71° 40' 42" S, 2° 50' 45" W). Die stasie se ligging is besonder geskik vir die beheer van polêre wentelbaan satelliete, soos Sunsat. Sunsat is 14 tot 15 keer per dag van daar af sigbaar, met 10 van die verbyvlugte hoër as 20° elevasie.



Om versoenbaarheid met algemeen beskikbare toerusting te verseker sal uitsendings op dié stadium nie vinniger as 9 600 bis/s wees nie. Vir ses streke wat ongekonnekteerde data versamel is die benuttingsverhouding egter gelykstaande aan wat verwag kon word van die hoëspoed dataskakel:

$$\sim f_i \frac{(2 \times 9\,600) \times 0.9 \times (6 \times 60 \times 12 \times 4)}{(55 \times 2^{20} \times 8) \times 0.625} f_i 1.036 \quad (10)$$

'n Enkele foto kan dus reeds binne 'n dag afgelaai word. Die konsepte is reeds bewys. Sodra die wentelbaan dit toelaat sal Sunsat weer regop gekeer word en hopelik nog onthou hoe om mooi foto's te neem.

#### 4 APRS: Sunsat Oscar-35 gee iets terug

Benewens die bydrae wat tot 'n hoogs interessante wetenskaplike projek gemaak word, is deelname aan die dataversamelingsproses nuttig vir radio-amateurs weens die langtermynstatistiek van elke stasie se vermoëns opgebou word. Sulke inligting sal oor die Internet onttrek en sinvol benut kan word vir byvoorbeeld die opgradering van stasies. Dit bly egter 'n uitdaging om groot getalle van die amateurs se belangstelling te behou ná die nuutjie verby is. Met APRS-ondersteuning het Sunsat waarskynlik 'n wenperd opgesaal om presies dit reg te kry.

APRS, afkorting vir *Automatic Position Reporting System*, is 'n pakkieprotokol vir die verspreiding van intydse data. Deur die kombinasie van pakkieradio-kommunikasie met die wêreldwye GPS-netwerk van navigasie-satelliete, is dit moontlik vir radio-amateurs om die posisie van enige voorwerp op 'n rekenaarskerm te vertoon en intydse te volg. Enkele funksies word ondersteun wat nie direk van toepassing is vir posisie-rapportering nie, soos weerstasie-rapportering en 'n tipe kortboodskapdiens.<sup>18</sup>

Die wye dekking en intydse aard van APRS steun grootliks op die beskikbaarheid van digihalers<sup>19</sup> om swaksein-stasies se verkeer oor 'n groot ontvangsgebied te herlei. Strategies geleë Internetpoorte herlei RF-verkeer na die Internet en weer op ander plekke terug na RF om die dekking nog verder te vergroot en volgingsvermoëns tot die beskikking van enige Internetgebruiker te stel.

Die gewildheid van APRS het sedert 1992 fenomenaal toegeneem, veral in die VSA, Europa en Australië. Die algemene verkrygbaarheid van goedkoop GPS-ontvangers het ongetwyfeld 'n rol gespeel. Ook Kenwood se mobiele- en hand-dataradio's kry groot aftrek. APRS is sekerlik een van die mees indrukwekkende en omvangryke voorbeelde van die benutting van die GPS-netwerk deur privaat-individue.

---

18 Wade 2000, p. 7.

19 Verkorting vir digitale herhaler; Engels: *digipeater*.

Deur Sunsat as 'n lae-aardbaan digihaler beskikbaar te stel is die drome van baie mense bewaarheid. Afgeleë gebiede kry nou minstens vier keer per dag dekking. Wanneer die voetspoor terselfdertyd 'n satelliet-Internetpoort bevat, is die dekking selfs wyer. Betroubare gebruik van Sunsat se digihaler is onlangs gedemonstreer tot laer as 3° elevasie, met 'n standaard Kenwood TH-D7A(G) hand-dataradio.<sup>20</sup> Sunsat herhaal deesdae rondom 300 pakkies per dag.

Sunsat se reeds aktiewe wêreldwye radio-amateurdienste is in Tabel 1 opgesom. 'n Aansienlike uitbreiding van die oudio- en veral die APRS- en ander digitale dienste word in die vooruitsig gestel. Hoewel daar nog baie water in die see moet loop, bied die volgende lys 'n kykie na wat dalk vorentoe verwag kan word:

- Een oudioherhaler-verbyvlug (in óf Modus B óf Modus J, afhangend van die behoefte) per kontinent per dag. Die papegaai-herhaler mag geskeduleer word vir sulke verbyvlugte, indien dit aangevra word. Vir die res van die tyd is die digitale dienste aktief.
- Intydse APRS-posisiebakens, -statuspakkies en -telemetrie teen 'n vaste periode.
- APRS-aankondigings en/of -bulletins teen 'n vaste periode (wanneer nodig).
- Benutting van die APRS DX-lys vir die volgende dag se oudioherhaler skedule (of watter ander nuttige toepassing ookal bedink word).
- Ongekonnekteerde digihaling van beide 1 200 bis/s en 9 600 bis/s verkeer, ontvang op beide BHF en UHF en uitgesaai teen óf 1 200 bis/s óf 9 600 bis/s op óf BHF óf UHF, gebaseer op die SSID waarlangs dit herlei word.
- Verstelbare aliaslys en onproto-pad vir alle verkeer vanaf Sunsat.
- Versameling van alle herhaalde pakkies en bevestigde aflewering aan die APRServe-netwerk via geakkrediteerde satelliet-Internetpoorte, waarvan een geleë is by SANAE in Antarktika (dit impliseer dat pakkies, van enige plek op die aarde, altyd binne 100 minute ná ontvangs afgelewer sal word).
- Pakkie-BBS en/of Pacsat-dienste. Die kode vir die toekomstige aktivering van sulke dienste bestaan reeds. Vermoedelik sal die vraag na die APRS stoor-en-aanstuur funksies groter wees. Alles sou egter gelyktydig geaktiveer kon word.
- Mits magtiging verleen word en ná finale toetsing, Modus L oudioherhaler en Modus LS herleier vir geselekteerde verbyvlugte, indien aangevra.

## 5 Samevatting

Die ontwikkeling en lansering van Sunsat kan in vele opsigte as 'n hoë-risiko belegging beskou word. Ten spyte van erge terugslae, bly die belegging egter steeds wonderlike opbrengste lewer. Vele teleurstellings is omskep in geleenthede, sodat Sunsat daagliks sy bestaansdoel bly vervul: om mense te leer.

---

<sup>20</sup> Pakkies is in werklikheid herhaal tot by 1.5° elevasie, maar op dié hoogte kon die radio nie meer die terugkerende pakkies dekodeer nie.

	Op-skakel	Af-skakel	Opmerkings	
			Op-skakel	Af-skakel
UI-digihaler	145.825 MHz	436.250 MHz	9600 bis/s PAM	9600 bis/s PAM
	145.900 MHz		1200 bis/s AFSK	
Modus J herhaler	145.825 MHz	436.250 MHz	aktief volgens skedule <sup>21</sup>	
Modus B herhaler	436.291 MHz	145.825 MHz	moet geskeduleer word	
Papegaai-herhaler	145.825 MHz	145.825 MHz	moet geskeduleer word	
Morsekode-sein		145.825 MHz	baken/boodskap; moet geskeduleer word	
Intydse PAL-video		2.250 GHz	moet geskeduleer word	
Modus L herhaler	1.265 GHz	436.250 MHz	nog te toets	gebruik in Modus J
Modus LS herleier	1.265 GHz	2.400 GHz	nog te toets	gebruik vir PAL

Tabel 1: Sunsat se modusse en huidige frekwensie-toewysings. Alle skakels is FM, behalwe die Modus LS herleier. Modusse kan vir spesiale geleenthede geskeduleer word, mits dit vroegtydig gereël word.

## Verwysings

Brewer, A, 1995. *Implementation of Image Compression on PoSAT-1*, International Journal of Small Satellite Engineering, Guildford. Internet: <<http://www.ee.surrey.ac.uk/SSC/IJSSE/issue1/brewer/Brewer.html>>.

Kumm, U, 2000. *Modification of IC821H for UO-12 Operation: Instructions for Use of the IFD Demodulator*, Symek Datensysteme, Stuttgart. Internet: <<http://www.symek.com/sat/ifd.htm>>.

Lochner, JG, 1998. *MATLAB®-simulasie en DSP-implementering van die G3RUH-modem*, B.Ing. Skripsie, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch. Internet: <<http://esl.ee.sun.ac.za/~lochner/g3ruh/verslag.pdf>>.

Wade, I (Tegniese Red.), 2000. *APRS Protocol Reference, Draft Version 1.0.1m*, The APRS Working Group. Internet: <<ftp://ftp.tapr.org/aprssig/aprsspec/spec/aprs101m/APRS101m.zip>>.

---

21 Die mees onlangse skedule is by <<http://sunsat.ee.sun.ac.za/ham1.htm>>.