



En sista länk till omvärlden. Denna antenn monterades på toppen av Sjiptjavfjället och ger en radiolänk till den Internetanslutning som finns i byn Ritsem, ett flertal kilometer bort. Från denna punkt fanns ingen mer direkt anslutning in i Padjelantaområdet, utan alla data transporterades fysiskt med hjälp av vandrare.

# Samelandets rymd-Internet

av Anders Lindgren

Vad har NASA:s expeditioner för att utforska solsystemet gemensamt med samisk renskötsel i de svenska fjällen? Vid en första anblick kan de inte vara mer olika. NASA använder de senaste resultaten från den bästa spjutspetsforskningen vid sina expeditioner, medan renskötselningen är baserad på traditioner som sträcker sig hundratals år bakåt i tiden. Det finns dock även likheter, och i denna artikel kommer vi att studera hur forskare har utvecklat ett nytt kommunikationsparadigm för att möjliggöra ett "interplanetärt Internet", och hur detta även får stor genomslagskraft i samernas verksamhet.

FOTO: MATTIAS EK

Karin Kouljok från Sirges Sameby är en av de lokala initiativtagarna. Hon sitter här i en kåta i Sallohaure sameviste och har för första gången möjlighet att skicka e-post från denna plats.

FOTO: MATTIAS EK



NASA har under årens lopp skickat många farkoster till olika delar av vårt solsystem för att utforska och ge oss mer kunskap om hur universum är uppbyggt. En viktig del i en sådan expedition är kommunikationen mellan farkosten och jorden. Om kommunikationssystemet inte fungerar så är det irrelevant vad farkosten upptäcker, vi kan ändå inte ta del av denna information. Traditionellt sett har man hanterat detta genom att för varje expedition sätta upp en ny, direkt, radiolänk mellan farkosten och jorden för just den expeditionen. Detta var en enkel lösning i rymdålderns början när man lagrade allt på band och helt enkelt kunde skicka en dataström från rymdfarkosterna och bara spara ner allt direkt. Detta funkar bra och är en enkel lösning då antalet expeditioner är litet.

Under de senaste decennierna har fler och fler farkoster sänts iväg, och NASA har planer att ytterligare öka sin aktivitet i solsystemet på lång sikt. Detta gör att det traditionella sättet att kommunicera kan leda till bristande effektivitet och outnyttjade resurser. Istället för att behöva sätta upp en helt ny radiolänk för varje expedition vore det bra om man kunde utnyttja den infrastruktur som redan finns där. Antag att det finns en satellit som kretsar runt Mars som har utfört sitt ursprungliga uppdrag, men som fortfarande är i operativt skick. Det vore då fördelaktigt om man kunde nyttja denna för att förbättra kommunikationen mellan andra rymdfarkoster i närheten av Mars och kommunikationscentraler på jorden. Om man ser till att alla farkoster som sänds ut kommunicerar enligt samma standarder, så kan man på så sätt sakta, men säkert, bygga upp en kommunikationsinfrastruktur inom solsystemet – ett interplanetärt Internet.

## Spara tid – bunta ihop hela meddelanden

Internet designades för att kunna koppla samman många olika typer av nätverk med olika egenskaper, så vid en första anblick tycks lösningen vara uppenbar – använd samma teknik som på Internet även för rymdkommunikation. Detta är dock problematiskt, då de långa avstånden och extrema förhållandena ger upphov till långa fördröjningar och många avbrott i kommunikationskanalerna, vilket Internetprotokollen har svårt att handskas med. Vid kommunikation på jorden är den tid det tar för en signal att nå fram till destinationen ofta nästan försumbar, då den bestäms av signalens utbredningshastighet i kabeln eller radiolänken som informationen skickas över. Eftersom denna är nära ljusets hastighet tar det aldrig mer än några millisekunder att nå en destination på jorden.

Om kommunikationen sker över mycket större avstånd blir denna fördröjning mycket längre (från jorden till Mars varierar den mellan 8 och 20 minuter beroende på planeternas position, vilket innebär att det kan ta upp till 40 minuter att få svar på en mycket enkel förfrågan). Dessa långa fördröjningar skapar stora problem för de traditio-

nella Internetprotokollen. TCP, som är den mekanism som används i Internet för att garantera att inga data tappas bort på vägen, får stora problem och mycket dåliga prestanda. Vidare är många av de protokoll och program som används på Internet väldigt interaktiva.

Ett exempel på detta är ett av de vanligaste systemen för att skicka e-post. Klienten som vill sända ett e-postmeddelande och servern startar en session i vilken man skickar en mängd mindre meddelanden fram och tillbaka mellan sig innan e-postmeddelandet till slut kan sändas. En väldigt enkel interaktion med en sådan server kan kräva att 14 meddelanden skickas fram och tillbaka, så om detta sker mellan jorden och Mars när det tar 20 minuter för varje meddelande att komma fram, så tar det 280 minuter att skicka detta e-postmeddelande. En bättre lösning vore om klienten kunde paketera all information som den kommer att sända under denna session i ett enda paket som sedan kan skickas. Då kan man helt plötsligt klara av hela överföringen, samt få en bekräftelse på att den genomfördes på bara 40 minuter istället för flera timmar.

Ett annat problem är att avbrott i kommunikationslänkarna är vanliga vid kommunikation med andra planeter. Om vi återigen tittar på exemplet där vi har en farkost som ligger i omloppsbanan kring Mars, så kommer vi inte att kunna kommunicera med den hela tiden. Stora delar av tiden kommer den att ligga i radioskugga bakom Mars, och då har vi ingen möjlighet att skicka eller ta emot något fram den. Dessa avbrott är återigen något som traditionella Internetmekanismer har svårt att hantera, och de medför ofta att en hel transaktion måste startas om från början.

Lappland är ett vackert, men vidsträckt och glesbeott landskap.

FOTO: MATTIAS EK

### Delay Tolerant Networking

Vint Cerf kallas ofta för "Internets fader" för sitt arbete med att under 1970-talet utveckla TCP/IP, som är den standard som används för all kommunikation över Internet. För drygt tio år sedan kom han i kontakt med en grupp forskare vid NASA och fann ett gemensamt intresse för att utveckla något som liknar Internet, men som fungerar under de förhållanden som man finner i rymden. En forskningsgrupp startades och man började där utveckla ett alternativ till Internetprotokollen för interplanetära nätverk. Tack vare Vint Cerfs inblandning i projektet fick det mycket uppmärksamhet inom nätverksforskningskretsar. Fler och fler började inse att liknande problem som man stöter på i rymden även finns i många situationer på jorden, framförallt i avlägsna och fattiga regioner, samt i miljöer där enheter måste vara mycket strömsnåla. Detta gjorde att fokus för detta arbete gick från att bara handla om interplanetär kommunikation till att handla om alla typer av fördröjnings- och avbrottsåtlånga nätverk (Delay/Disruption Tolerant Networks – DTN). Inom en nystartad forskningsgrupp, Delay Tolerant Networking Research Group (DTNRG), utvecklades en ny kommunikationsarkitektur, baserat på det så kallade Bundle Protocol.

I det traditionella Internet är varje session (t.ex. för att skicka ett e-postmeddelande) uppdelad i en mängd små paket som skickas fram och tillbaka mellan ändpunkterna. Det Bundle Protocol gör är att ta all nödvändig information som finns i en sådan session och paketera den i en så kallad "bundle", och skickar den sedan som en enda dataenhet. En bundle måste inte skickas hela vägen till sin slutgiltiga destination på en gång, utan kan lagras på en mellanliggande punkt tills dess möjligheten att skicka den vidare finns. Om vi återigen tittar på exemplet med kommunika-

tion med Mars, så kan vi anta att en kontrollstation behöver skicka en kommandosekvens till en farkost på Marsytan. Hans applikation skapar en bundle som innehåller hela kommandosekvensen och sänder denna över Internet till en av NASA:s centraler där radiolänkar ut i rymden finns. Där lagras bundlen tills det går att få radiokontakt med satelliten som kretsar kring Mars, då den skickas dit. Till sist lagras den där tills satelliten befinner sig över farkosten på ytan, då den levereras dit och kommandosekvensen kan utföras.

Än så länge så har mycket av detta arbete varit ganska teoretiskt och mestadels skett i simulatorer. Under 2008 användes dock detta system för första gången i verkligheten över långa avstånd i rymden, då Bundle Protocol användes för att överföra bilder från rymdsonden *Deep Impact*.

### Internet till Sapmi – en rättvisefråga

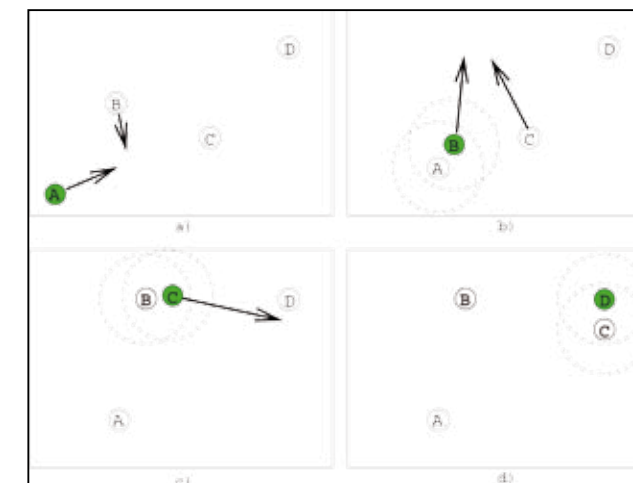
Sverige återfinns gång på gång i toppen av listor över världens bästa länder när det gäller bredbandsanslutningar och mobiltelefonitäckning. Detta är dock inte hela sanningen. Medan det stämmer mycket bra i mer tätbefolkade delar av landet, så är det inte sant överallt. I stora delar av den svenska fjällvärlden kan man inte få en bredbandsanslutning, täckningen av mobiloperatörer är också antingen mycket dålig eller helt obefintlig, och till och med satellitkommunikation fungerar ofta dåligt (och där det fungerar så är det dyrt). I dessa områden finns inte tillräckligt med människor för att operatörerna ska kunna motivera en utbyggnad där. Dessutom får man i vissa områden, som Padjelanta nationalpark som finns med på FN:s världsarvslista, inte bygga stora master som påverkar miljöns utseende hur som helst. Dessa områden utgör till stor del hemtrakterna för den samiska befolkning som finns i nor-

ra Sverige. De renskötande samerna rör sig med sina renar och befinner sig stora delar av året ute på fjället där ingen infrastruktur finns. Rennäringen bygger på många gamla traditioner, men samtidigt drivs den nu affärsmässigt, och det blir svårare och svårare för samerna att få ekonomin i renskötseln att gå runt. Ett av problemen med att befinna sig ute på fjället flera månader under sommarhalvåret är att det är svårt att vara i kontakt med sina affärskontakter då man inte har tillgång till Internet eller andra kommunikationsmöjligheter. Ett annat problem är att barnen ofta måste åka tillbaka till närmaste stad eller by tidigare än de skulle vilja då de måste börja skolan igen, eftersom ingen möjlighet till distansundervisning finns.

Under 2002 jobbade den amerikanska Internetforskaren Avri Doria som gästforskare vid Luleå tekniska universitet. Under ett möte nämndes detta kommunikationsproblem som samerna hade i en kort kommentar, men det fick Avri att börja fundera. Hon hade nyligen hört Vint Cerf tala om Delay Tolerant Networking, och insåg att många av de problem som uppstår där också fanns i detta scenario. Efter en kortare kontakt med Vint började hon tillsammans med andra forskare vid Luleå tekniska universitet fundera på en lösning till detta. Detta ledde fram till att projektet Saami Network Connectivity (SNC) formellt startade med finansiering från Vinnova 2004. Målet för detta projekt var att utveckla ett DTN-baserat system för att kunna erbjuda den samiska befolkningen tillgång till Internetbaserade tjänster, även då de befinner sig uppe på fjället. Som en viktig del i projektet fanns deltagare från Sirges sameby för att garantera att systemet som utvecklades faktiskt uppfyllde de behov som fanns, men också för att möjliggöra en fortsatt drift av systemet i lokal regi efter projektets avslutande.

Exempel på hur en överföring i ett fördröjningsåtlånga nätverk kan ske.

Eftersom ingen infrastruktur finns i regionen, så bygger systemet som utvecklades inom SNC på att allt skickas som bundles, vilka sedan transporteras genom systemet genom att använda fysisk rörelse av personer som vandrar och bär på små trådlösa enheter, helikoptrar, eller andra kommunikationskanaler. Bilden nedan visar hur en sådan kommunikation kan gå till. Enhet A har information som den vill skicka till enhet D (visas genom att den enheten är skuggad i figuren). Det finns dock ingen kommunikationsväg som möjliggör att skicka meddelandet direkt. Enheterna rör sig nu och hamnar i läget som visas i b). Nu kan A och B kommunicera, och A skickar meddelandet till B. Enheterna rör sig igen till läget i c) och meddelandet kan nu överföras till C. Till slut rör sig enheterna till läget i d) och slutligen kan meddelandet överföras från C till sin destination, D. Eftersom man inte kan veta säkert hur olika personer kommer att



röra sig i fjällen utvecklades PROPHET, ett system för att förutsäga vilka enheter som kommer att träffas i framtiden, vilket sedan kan användas för att bestämma vilken väg ett visst meddelande ska skickas.

En viktig del i SNC-projektet var att inte bara utveckla teoretiska lösningar på problemet, utan också se till att systemet fungerade i verkligheten. Därför genomfördes de första fälttesterna i Padjelanta under sommaren 2006. Under en dryg vecka sattes ett kommunikationssystem upp i fyra olika samevisten i Sirges sameby. Alla system som utvecklats i projektet testades, och detta gjorde det möjligt att läsa och skicka e-post från de olika visten, skicka meddelanden mellan olika användare på fjället, samt att läsa vissa websidor – allt detta sådant som inte varit möjligt tidigare. Dessa tester visade att det var möjligt att använda dessa tekniker och lät också lokalbefolkningen prova på att använda dem. Generellt sett genererade dessa tester väldigt bra respons från dem som ska använda systemet i framtiden. Liknande tester har nu gjorts varje sommar för att fortsätta utveckla detta system, och det fortsätter att utvecklas vidare i det EU-finansierade projektet N4C med deltagare från ett flertal länder i Europa.

Genom att tillhandahålla denna typ av kommunikation

i den traditionella miljö där samerna jobbar med renskötsel, så hjälper det dem att bibehålla sin traditionella livsstil, men samtidigt vara en del av det moderna samhället. Andra projekt har använt liknande metoder för att förbättra kommunikationsinfrastrukturen i avlägsna och fattiga områden i tredje världen. Den oerhörda genomslagskraft som Internet och relaterade tjänster har fått har gjort att kommunikation har blivit en rättvisefråga. Om man ges möjlighet att kommunicera via Internet öppnas många nya möjligheter, antingen man befinner sig i en rymdstation på Mars, i de svenska fjällen eller i en avlägsen by i Indien.

#### Om du vill veta mer:

All tillgänglig teknisk information om DTN kan hittas hos forskningsgruppen DTNRG, som har hemsidan [www.dtnrg.org](http://www.dtnrg.org). För mer information om DTN-arbetet i den svenska fjällvärlden, se hemsidorna för N4C- och SNC-projekten: [www.n4c.eu](http://www.n4c.eu) och [www.snc.sapmi.net](http://www.snc.sapmi.net).

ANDERS LINDGREN är teknologie doktor och forskar i datavetenskap vid SICS

## Mest läst på [www.popast.nu](http://www.popast.nu) under våren

1. Salem al Fakirs underbara Astronaut (8 mars). Svenska popartistens astronomiska nya video.
2. Världens teleskop öppnar för alla den 2-5 april (31 mars). Allt som händer under 100 timmar astronomi.
3. Nu släpps resultaten som mörk materia-paparazzin ville åt (1 april). Officiellt om Pamelaexperimentet.
4. Faran från solstormar skrivs upp i ny rapport (22 april). Vad händer om det stormar ordentligt på solen?

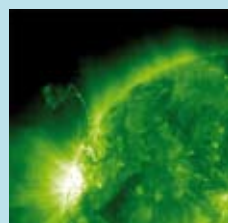


BILD: SDHU/EIT/NASA/ESA

Ja tack, jag vill gärna prova Populär Astronomi till introduktionspriset 240 kr och får för detta fem nummer av Svenska Astronomiska Sällskapets kvartalstidskrift.

Namn

Gatuadress eller motsvarande

Postnummer, ort

Mejladress

Telefon

Som bonus blir du medlem av Svenska Astronomiska Sällskapet!



Frankeras ej.  
Mottagaren  
betalar portot.

POPULÄR\*  
**Astronomi**

AlbaNova Universitetscentrum

SVARSPOST

200 064 900

110 50 STOCKHOLM

## Orienteringskurser i astronomi



BILD: NASA/HUBBLE HERITAGE TEAM

Universums byggnad  
Interstellär kommunikation  
Livsbetingelser i universum  
Astronomisk rymdforskning  
Den astronomiska världsbildens utveckling  
Astronomi i konstens historia  
Navigeringskonstens historia  
Universums utveckling  
Astronomi – Astrologi  
Etnoastronomi

Under HT09 går kurserna:  
Astronomisk rymdforskning  
Navigeringskonstens historia

Under VT10 går kurserna:  
Universums utveckling  
Astronomi – Astrologi

Välkommen att läsa astronomi hos oss!

<http://physics.gu.se/~tfams/Astro/Orient.html>

Kontakta:

Maria Sundin,  
[maria.sundin@physics.gu.se](mailto:maria.sundin@physics.gu.se)  
Institutionen för fysik,  
Göteborgs universitet,  
412 96 Göteborg



GÖTEBORGS  
UNIVERSITET

## TeleskopService – din guide till universum

### TS Optics fältkikare

En serie fältkikare av hög klass avsedda för astronomiskt bruk. God skärpa och välkorrigerad optik. BAK4-prismor. 80 och 100mm modellerna levereras med integrerad, skjutbar stativadapter, samt i kraftig koffert.

Art.nr. TS1570LE	TS Optics 15x70	<b>1 395:--</b>
Art.nr. TS20x80Trip	TS Optics 20x80	<b>2 375:--</b>
Art.nr. TS25100	TS Optics 25x100	<b>3 595:--</b>



### William Optics

William Optics är välkända över hela världen för sin tillverkning av högklassiga refraktorer till mycket konkurrenskraftiga priser.

Några prisexempel:

Art.nr. WOZS70	WO ZenithStar 70	<b>3 975:--</b>
Art.nr. WOM72FD	WO Megrez 72 FD	<b>4 725:--</b>
Art.nr. WO88FD	WO Megrez 88 FD	<b>7 975:--</b>



### GSO Dobsonteleskop

Vi presenterar en serie kvalitetsteleskop från GSO till verkliga lågpriser. Optik av högsta klass. Utrustade med 2" Crayfordfokuserare, kylfläkt, 8x50 sökare, samt rullager i azimut.

Art.nr. GSD200C	GSO Dobson 200/1200mm	<b>3 695:--</b>
Art.nr. GSD250C	GSO Dobson 250/1250mm	<b>5 795:--</b>
Art.nr. GSD300C	GSO Dobson 300/1500mm	<b>7 995:--</b>



### TS Optics ED-okular

En serie mycket prisvärda universalokular lämpade för observationer av planeter och Deep Sky-objekt. 6-linsig design med ED-glas, garanterar hög skärpa och kontrast över hela synfältet. 50° synfält.

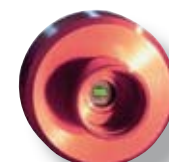
Brännvidderna 3,8, 5,2, 7,5, 9,5, 12,5 och 14,0mm	<b>565:--/st</b>
Brännvidderna 18, 21 och 25mm	<b>455:--/st</b>



### LVI Smartguider

Äntligen en smart stand-alone autoguider av högsta klass. Vid astrofoto med DSLR-kamera kan du komplettera med vår programmerbara handkontroll, som styr exponeringssekvenserna och du blir då helt oberoende av dator i fält.

Art.nr. LVI-BA1461800 **4 995:--**



### KENDRICK ASTRO INSTRUMENTS

Stor sortering av dagghuvar, värmeband, kontrollboxar, solfilter och lasrar. En stor nyhet är dagghuven ZapCap med inbyggt värmeband.

Prisexempel: ZapCap för yd 200mm **650:--**



Ring eller maila in din order  
Frakt tillkommer på alla priser

TeleskopService Norden AB  
Mobil +46 (0) 768 653 250  
Tel +46 (0) 301 429 72  
[info@teleskop-service.se](mailto:info@teleskop-service.se)  
[www.teleskop-service.se](http://www.teleskop-service.se)

