

Optisk kommunikation i rymden

Konventionell teknik för transmission av data i rymden använder idag radiovågor (med en typisk frekvens på några GHz). Detta är en beprövad teknik som även har fördelen att inte vara speciellt känslig för atmosfäriska störningar. Däremot innebär användandet av radiovågor över långa avstånd, tex från månen (som inom ett fåtal år förväntas ha en permanent bemannad bas) eller Mars, att vågornas diffraktion blir en kraftigt begränsande faktor vad gäller maximalt möjlig dataöverföringstakt. Om man i stället använder laserljus blir däremot diffraktionsförlusterna mycket mindre. En radiovåg sänd från månen kommer ha en storlek som en hel kontinent när den anländer till jorden, medan en laservåg kommer vara ca 1 km bred (med rimliga antaganden). Därmed finns det nu en tydlig trend att börja använda laserljus för rymdkommunikation (se t.ex. Elon Musk's Starlink för inter-satellitkommunikation). Även NASA och MIT-Lincoln Laboratories (som jag nyligen besökt) arbetar sedan flera år med tekniker för laser-baserad kommunikation (både för månen och Mars). Om man bortser från de praktiska (men viktiga) begränsningar som strålstyrning/tracking, turbulens, tolerans mot kosmisk strålning, effektförbrukning, vikt etc. så finns det tre aspekter som begränsar den möjliga data-takten i en optisk kommunikationslänk i rymden: Tillgänglig sändareffekt, storlek på aperturen (vilket bestämmer hur stora diffraktionsförlusterna blir) och mottagarens känslighet. Till skillnad från de två första som är ingenjörsmässigt begränsande är känsligheten i en mottagare fundamentalt begränsad av oundvikligt vacuum-brus.

Vi demonstrerade experimentellt år 2020 den mest känsliga optiska mottagaren någonsin i jämförelse med alla andra resultat, oavsett teknisk lösning [1]. Vår lösning bygger på en optisk förstärkare utan brus, vilket är unikt, och resulterade i en känslighet på 1 foton per informationsbit vid en data-takt på 10 Gbit/s (eller om man så vill, en miljarddels Watt). Detta är bättre än konkurrerande lösningar på flera sätt, inte bara när det gäller känslighet: Den fungerar vid alla relevanta data-takter och vid rumstemperatur, samt är den bästa nu kända lösningen för ett stort omfång av data-takter. År 2021 demonstrerade vi en motsvarande förstärkare i ett mycket kompakt format (baserat på ett chip i kisel-nitrid tillverkat i vårt renrum) [2]. Därutöver arbetar vi nu med teknik för att fånga in mer av den optiska effekten i strålen genom en multi-aperturmetod vilket kommer öka kapaciteten (eller minska effektbehovet) betydligt.

Vi har ambition att utföra fältexperiment för att visa prestandan i en realistisk miljö (mellan olika byggnader utomhus) med en prototyp-lösning för att studera atmosfärens inverkan och gärna i samverkan med en partner i Europa. Detta är ett viktigt steg mot verklig tillämpning i rymden där laserbaserade kommunikationslänkar kommer bli nödvändiga för att uppnå tillräckligt hög kapacitet (NASA pratar redan idag om en "science return bottleneck"). Investeringsbehovet är svårt att uppskatta i nuläget, men är gissningsvis ca 5 MSEK över ca 3 år.

Andrekson är projektansvarig och en doktorand (Rasmus Larsson) kommer att vara fullt tillgänglig.

Prof. Peter Andrekson
Inst. För mikroteknologi och nanoetenskap
Chalmers Tekniska högskola
peter.andrekson@chalmers.se
070-3088 606

1. <https://doi.org/10.1038/s41377-020-00389-2>
2. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi8150>