

Slagfältet rymden

Även om en konflikt i rymden troligen kommer att utlösas av en strid om fjärran resurser så kommer den förmodligen att utkämpas betydligt närmare Jorden. Herravälde över rymden handlar om att manipulera himmelska kommunikationslinjer och det finns en utbredd okunnighet om den roll som rymdtekniken har kommit att spela som kritisk infrastruktur. Rymdteknik är idag lika användbart för precisionsbombning som för precisionsjordbruk.

Burgeoning Satellite Industry Paving Way To \$1 Trillion Space Economy
Orbits explained: It's hard to get into space -- but nifty once you ...
Vetenskapliga artiklar med "Quantum Cryptography and Satellites."

Den jordnära rymden börjar cirka 100 km ovanför oss, även om gränsen är något godtycklig. NASA sätter gränsen vid bara 50 miles dvs 80 km. Lite högre än så är den mest populära delen av rymden på ca 200 km över jordytan, kallad låg jordbana, eller LEO. Det är här man hittar den internationella rymdstationen tillsammans med satelliter för väderprognoser, spioneri, tv, avbildning och i allt högre grad satellitbaserat bredband .

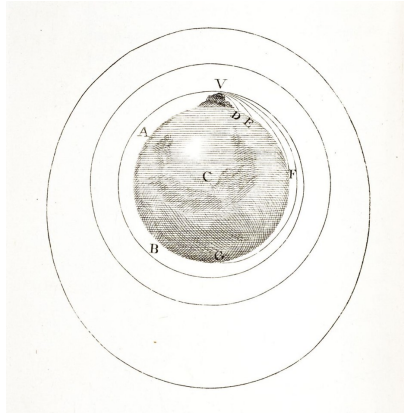
Medium jordbana (MEO), som når upp till cirka 36000 km över jorden, är en öken jämfört med LEO. Men det finns några anmärkningsvärda invånare i denna zon , särskilt navigationssatelliter.

Precis ovanför den övre gränsen för MEO finns geosynkron bana (GEO), en plats där omloppstiden matchar jordens rotation så att en satellit förblir på exakt samma plats på himlen sett från jorden. Det är särskilt användbart för kommunikation eftersom man kan rikta en fast markantenn direkt mot satelliten. Radioöverföring och signalstyrka är dock sämre än med rymdfarkoster i nedre banor.

Det finns också många andra banor, som polära som passerar över båda jordens poler. Även om många banor är cirkulära är vissa långsträckta och mer elliptiska, viket saktar en satellits hastighet när den är längre bort från jorden. Det mesta av Ryssland ligger t ex långt norr om ekvatorn, vilket begränsar en geostationär satellits användbarhet. Så ryssarna kom med ett alternativ som kallades Molniya-banan. I Molniya-banan rusar en satellit över Australien vid sin lägsta punkt i omlopp, kallad perigee, och minskar sedan farten naturligt när den når sin högsta punkt ovanför Moskva, kallad apogee.

Ellipser är också praktiska för att byta omloppsbana. NASA: s Apollo-uppdrag började med att skjuta upp rymdfarkosten i jordens omlopp, sedan fördes den in i en elliptisk bana som sträckte sig mot månen.

Folk i allmänhet har nog ännu inte förstått hur beroende vi har blivit av den jordnära rymden. Återanvändbara raketer och andra förbättringar har sänkt kostnaderna



för uppskjutningar. Mellan 2010 och 2020 ökade antalet operativa satelliter, som kretsar kring jorden, från 958 till 3 371, enligt Satellite Industry Association. År 2030 kan det vara så många som 100 000 operativa satelliter i omloppsbana.

Satelliterna-och uppskjutningarna för att leverera dem-är de mest synliga delarna av en global rymdekonomi, som beräknas växa från 400 miljarder dollar till 1 biljon år 2040. Det drivs till stor del av megakonstellationer i låg jordbana (LEO) för bredbandsuppkoppling, som ökar runt om i världen. Det fördubblas i princip vart tredje år. SpaceX Starlink är på väg till mer än 2200 satelliter i sin konstellation. Amazons Project Kuiper planerar 3200 satelliter. OneWeb föreställer sig hela 48 000 satelliter. Företag baserade i Kanada, Ryssland och Kina planerar också för mer satelliter.

Befintliga satellitoperatörer diversifierar och i vissa fall omvandlar också kommunikationstjänster, som traditionellt tillhandahålls av geosynkron jordbana (GEO). Till exempel planerar det kanadensiska företaget Telesat, som nu driver 13 satelliter i GEO, att investera cirka 5 miljarder dollar i ett nytt LEO-nätverk som heter Lightspeed.

På kort sikt förutses stora förändringar inom marksegmentet avseende antenner och framförallt inom tjänstesektorn där olika tjänster i allt större utsträckning automatiseras med maskininlärning och AI (artificiell intelligens).

En viktig teknik som sedan länge används militärt är satellitbaserad positionering, navigering och timing, eller PNT där det mest kända systemet är amerikanska GPS. De senaste åren har andra liknande system utvecklats och färdigställt av Ryssland (GLONASS), Kina (BeiDou) och Europa (Galileo). Alla dessa system har idag en global täckning och är operativa. Det finns också regionala system hos Japan (QZSS) och Indien (IRNSS), med liknande funktion för specifika geografiska områden.

Det globala positioneringssystemet har blivit avgörande för nästan alla sektorer av kritisk infrastruktur. GPS berättar var vi är och hjälper oss att komma dit vi ska, spelar en avgörande roll i finansiella transaktioner och aktiehandel, prognostiserar vädret, övervakar jordbävningar och håller kraftnätet surrande.

Det finns 31 satelliter i GPS-konstellationen och 24 anses vara det minsta för att konstellationen ska fungera. Dessa två dussin är utspridda i sex omloppsplan. De återstående sju är i huvudsak reservdelar, som kan roteras in vid behov. GPS-satelliterna är faktiskt bara mycket exakta atomur, kopplade till en radio som sänder en tidssignal. På marknaden tar en GPS-mottagare - som en iPhone eller Galaxy-telefon, tack vare ett GPS-chip, upp signalerna från fyra eller flera satelliter. Genom att mäta små skillnader i signalernas ankomsttid, hela vägen ner till nanosekunder, kan den beräkna var man är och om man är i rörelse.

US Space Force driver och underhåller GPS-konstellationen. Ursprunget till GPS sträcker sig tillbaka till amerikanska försvarsdepartementets hemliga arbete på 1970-talet. Det är ingen tillfällighet att den amerikanska rymdstyrkan, som avknoppades för ett och ett halvt år sedan från flygvapnets rymdkommando, fortsätter sitt GPS-uppdrag. GPS tjänade t ex som en militär resurs under Operation Desert Storm, när det hjälpte till att vägleda amerikanska och allierade styrkor över ökenområden till en snabb seger över Irak.

Samtidigt är det en tjänst, som används av miljontals civila och företag världen över. År 1983, efter att ett Korean Air Lines passagerarplan avvikit in i sovjetiskt luftrum och skjutits ner, vilket dödade 269 människor, avklassificerade president Ronald Reagan GPS för att ge civila flygplan tillgång till navigationssignalerna.

För väpnade styrkor är GPS och dess avläggare de huvudsakliga systemen för PNT idag och kommer vara så även de närmaste åren. Även om den krypterade tjänsten inom det europeiska Galileo beräknas bli operativ inom ett par år är det i huvudsak ett civilt system. PNT-systemens störkänslighet har varit ett orosmoment under flera år och det sker regelbundet medveten störning av GPS-systemet både civilt och militärt. Militärer måste oroa sig för att fiendliga styrkor stör GPS-signaler för att dölja trupprörelser eller för att förhindra vänliga styrkor från att komma dit de ska eller om vapen träffar sina mål.

De flesta väpnade styrkor nyttjar idag olika kommersiella rymdbaserade system och detta kommer sannolikt att öka. I lokala konflikter mot tekniskt lågt kvalificerade motståndare har dessa system fungerat relativt väl. Däremot är det oklart hur sårbara systemen egentligen är i en global konflikt eller mot en kvalificerad motståndare.

För de som inte äger egna rymdsystem är frågan om tillgänglighet till systemen viktig. Framförallt FN driver på den internationella diskussionen kring framtida riktlinjer och avtal, men det är osäkert hur tillgänglighet kommer att garanteras för ett system och hur de kontraktsbundna åtagandena kommer att uppfyllas vid en konflikt.

I en värld där det varje dag hanteras enorma mängder data, är skydd och kryptering av dessa data av enorm betydelse. Konsten att säkra överföring av sådan data mellan två parter utan att tredje part avlyssnar kallas kryptografi. När man använder mobiltelefoner, sociala medier, bank, datamoln, e-post, telefonlås och så vidare, då är man beroende av krypteringsprotokoll för att skydda sin information.

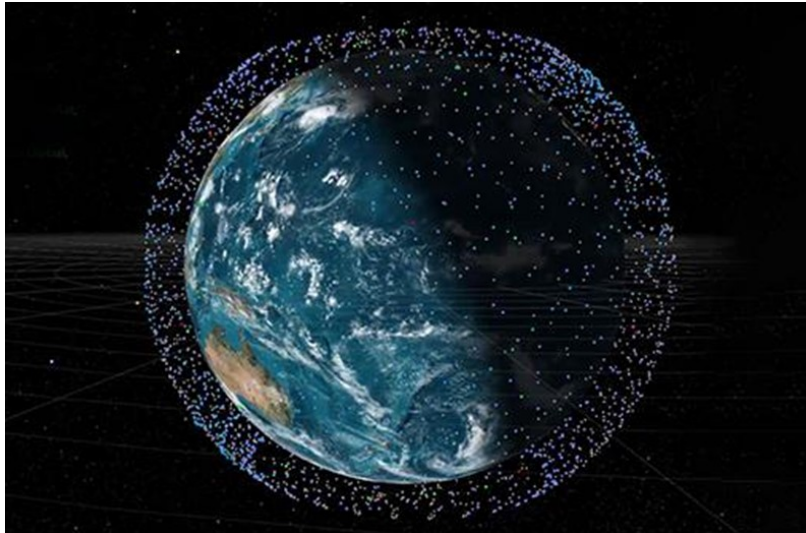
Världen förändras snabbt och datorer utvecklas för att få mer kraft. Nu utvecklas kvantdatorer, som använder kraften i

kvantmekaniken för att beräkna saker mycket snabbare. Dessa kvantdatorer sätter konventionella krypteringsmekanismer ur spel!

Quantum Key Distribution, eller QKD, är en typ av kvantkryptografi. Det utnyttjar den grundläggande osäkerheten hos

flertal kommersiella aktörer som erbjuder denna typ av tjänster.

Övervakningssatelliter var en av de första militära tillämpningarna av rymdsystem och tekniken utvecklas fortfarande. Det sker idag stora framsteg både på sensor och tjänstesidan. En sensorteknik som



kvantpartiklar som fotoner för att koda in information i dem för att skapa en säker nyckel.

En grundläggande grundsats i kvantmekaniken är att varje form av mätning förändrar en partikels kvanttillstånd. Om någon försöker mäta kvanttillståndet för fotonerna som en annan har skickat, skulle han oundvikligen ändra dem och på så sätt göra sin närvaro känd. Om han försöker göra en kopia av dem utan att ändra dem, skulle han upptäcka att han är blockerad.

Det finns olika typer av QKD-protokoll, vissa använder enstaka fotoner, andra använder svaga sammanhängande laserpulser och andra använder intrasslade fotonkällor för att nämna några. Den första framgångsrika demonstrationen av QKD från rymden var av Kinas MICIUS-satellit, som lanserades 2016. Men det finns fortfarande mycket arbete att göra för att bevisa att sådana satellit-till-jord-QKD-scenarier kan vara pålitliga och effektiva innan de kan användas för kommersiella ändamål.

Den ökande mängden satelliter och en mer komplex säkerhetssituation har också inneburit att fler aktörer har behov av en rymdlägesbild och det finns idag ett

utvecklats snabbt är SAR, syntetisk aperturradar, där det idag finns kommersiella konstellationer som erbjuder högupplösta bilder.

För optiska system börjar upplösningen på de kommersiella systemen närma sig en gräns för vad som är fysiskt möjligt och utvecklingen är idag fokuserad på multi- och hyperspektrala sensorer. Högupplösta IR-kameror är en efterfrågad förmåga som ännu inte kommersialiserats. Framöver är det framförallt nya tekniker för sensorfusion och nyttjande av AI som väntas få stor effekt för hur rymdbaserad spaning bedrivs.

Tjänstesidan fokuserar på att erbjuda en analys av satellitbilderna, dvs tyngdpunkten ligger inte längre i att leverera rådata. Flera aktörer erbjuder enkla nätbaserade gränssnitt där det går att antingen prenumerera på analyser eller köpa enstaka satellitbilder och analyser. I flera fall levereras bilderna av satelliter som ingår i en konstellation vilket innebär att tid till leverans är relativt kort. Beroende på vad som efterfrågas handlar det om dagliga leveranser till som längst ett par dagar.



Även om mycket utveckling görs för att satellitnavigeringssystem ska vara robusta och störtlåga är det troligt att andra typer av alternativa navigeringsfunktioner utvecklas för att begränsa det kritiska beroende som idag finns till satellitnavigeringssystem. För militärt bruk studeras även möjligheten att bygga tätt integrerade system bestående av kortvägs- och satellitsystem. Genom en kombinerad nätstruktur bedöms ett sådant system skapa en redundans som tidigare inte medgivits med separata system.

Satellitssystem för tidig förvarning har traditionellt varit inriktade på att upptäcka ett strategiskt kärnvapenhot i form av interkontinentala ballistiska missiler. I samband med att nuvarande amerikanska satelliter har genomgått ett generationsskifte uppges de numera även ha kapacitet att upptäcka, klassificera och förvarna om andra typer av missilupp-skjutningar.

Militärt sett har rymdbaserade förmågor börjat användas mer taktiskt och det finns en efterfrågan att snabbt kunna upprätta, fokusera eller vidmakthålla en förmåga som täcker in ett specifikt geografiskt område. Det är vad som kallas en responsiv rymdförmåga, vilken bygger på korta ledtider och snabb uppskjutning.

Satelliter kan idag utvecklas och skjutas upp med betydligt kortare ledtider än förut. Det finns även flera olika aktörer som erbjuder uppskjutning idag. Nya mobila och mer flexibla koncept är i utvecklingsskedet vilket ytterligare ökar möjligheterna till uppskjutning med kort

varsel. Det kan i vissa avseenden vara viktigare att få tillgång till den efterfrågade förmågan snabbt men med avkall på kvalitén, exempelvis lägre upplösning på satellitbilder.

Det ökande militära intresset för rymden och utveckling av offensiva förmågor som antisatellitvapen ASAT-vapen tvingar också fram en utveckling av mer motståndskraftiga satelliter och satellitkonstellationer.

Manövrerande satelliter, dockning och formationsflygning med satelliter, RPO (rendezvous and proximity operations), är ett samlingsnamn för aktiviteter som rör precisionsmanövrar mellan två eller flera närbelägna satelliter. Standardförfarandet bygger på koordinerade manövrar, men även icke-kooperativa manövrar utvecklas.

Utvecklingen av RPO påskyndas av den kommersiella sektorn där fokus ligger på OOS (on-orbit servicing). OOS innebär olika åtgärder för att förlänga livstiden för satelliter som redan ligger i bana runt jorden. Dessa åtgärder kan exempelvis vara att tillföra mer bränsle, uppdatera hårdvara, byta ut nyttolaster med mera.

En utveckling av konceptet är det bredare OSAM-begreppet (on-orbit service, assembly and manufacturing) som i när-tid även omfattar att montera ihop separata satellitelement i omloppsbana. Detta gör det möjligt att snabbt skapa satelliter med mer komplexa och stora strukturer än vad som idag är möjligt att skjuta upp i ett stycke.

RPO kan också användas militärt för satellitinspektioner och signalspaning. Genom att manövrera nära en annan satellit kan den inspekteras och dess förmåga bedömas. Om den manövrerande satelliten läggs i närliggande bana kan även riktad kommunikation avlyssnas. USA, Ryssland och Kina har idag satelliter som genomför manövrar som tyder på att denna typ av operationer genomförs. I princip kan även en manövrerande satellit användas som ett rymdvapen.

Den rent militära användningen av rymdbaserade system är redan många. I vissa avseenden nyttjas de för att stödja och förstärka redan existerande militära förmågor, i andra avseenden för att skapa nya förmågor och möjliggöra operationer, som annars inte skulle vara möjliga. Det civila samhället är också på väg att bli allt mer beroende av satelliterna. Sårbarheten ökar därför vid en eventuell militär konflikt.

Med tanke på den betydelse rymden har fått för att moderna samhällen ska fungera, så är det högst troligt att en militär konflikt involverar rymden eller rent av inleds där. Rymden har naturligtvis alltid haft en militär betydelse, men detta ökar när vi blir mer beroende av det som sker där. Det är därför den amerikanska militären har grundat sin nya rymdstyrka och flera andra länder följer efter.