

FFI RAPPORT

BRUK AV SIVIL SATELLITKommunikasjon I NETTVERKSBASERT FORSVAR - Innledende betraktninger

PÅLHAUGEN Lene

FFI/RAPPORT-2003/00332

FFISYS/879/044

Godkjent
Kjeller 6. oktober 2003

Jan Erik Torp
Forskningsjef

**BRUK AV SIVIL SATELLITTKOMMUNIKASJON I
NETTVERKSBASERT FORSVAR - Innledende
betraktninger**

PÅLHAUGEN Lene

FFI/RAPPORT-2003/00332

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

| | | | | |
|---|--|----------------------------------|---|--|
| 1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2003/00332 1a) PROJECT REFERENCE FFISYS/879/044 | 2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE - | 3) NUMBER OF PAGES 40 | | |
| 4) TITLE BRUK AV SIVIL SATELLITTKOMMUNIKASJON I NETTVERKSBASERT FORSVAR - Innledende betraktninger An introductory study of use of civil satellite communications in network based defence | | | | |
| 5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) PÅLHAUGEN Lene | | | | |
| 6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig) | | | | |
| 7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> a) <u>Communications satellites</u> b) <u>Satellite communications</u> c) <u>Battlespace digitisation</u> d) <u>Commercial systems</u> e) _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Kommunikasjonssatellitter</u> b) <u>Satellittkommunikasjon</u> c) <u>Slagmarksdigitalisering</u> d) <u>Kommersielle systemer</u> e) _____ </td> </tr> </table> | | | a) <u>Communications satellites</u> b) <u>Satellite communications</u> c) <u>Battlespace digitisation</u> d) <u>Commercial systems</u> e) _____ | IN NORWEGIAN: a) <u>Kommunikasjonssatellitter</u> b) <u>Satellittkommunikasjon</u> c) <u>Slagmarksdigitalisering</u> d) <u>Kommersielle systemer</u> e) _____ |
| a) <u>Communications satellites</u> b) <u>Satellite communications</u> c) <u>Battlespace digitisation</u> d) <u>Commercial systems</u> e) _____ | IN NORWEGIAN: a) <u>Kommunikasjonssatellitter</u> b) <u>Satellittkommunikasjon</u> c) <u>Slagmarksdigitalisering</u> d) <u>Kommersielle systemer</u> e) _____ | | | |
| THESAURUS REFERENCE: 8) ABSTRACT <p>In a network based defence the military capacities will be connected by using information and communication technology. The idea is that information superiority can be achieved by maintaining a common situational awareness within the force, and that this will improve the combat power. Sufficient capacity and mobile structures are important for the concept, and satellite communications could play a role in this infrastructure.</p> <p>In this document satellite communications are described in general, including satellite operations. It also contains an update on civil satellite systems and operators, with some bakcround information about the companies and descriptions of their systems and services. Examples of military use of these commercial systems are mentioned. Finally, some considerations by using civil satellites for military purposes are given.</p> | | | | |
| 9) DATE 6. oktober 2003 | AUTHORIZED BY This page only Jan Erik Torp | POSITION Director of Research | | |

ISBN-8-464-0763-5

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHold

| | Side | |
|-------|--|----|
| 1 | INNLEDNING | 7 |
| 2 | GENERELT OM SATELLITTKOMMUNIKASJON | 7 |
| 2.1 | Anvendelser av satellittkommunikasjon | 7 |
| 2.1.1 | Faste satellittjenester | 8 |
| 2.1.2 | Satellittkringkasting | 8 |
| 2.1.3 | Mobile og personlige satellittjenester | 8 |
| 2.2 | Satellitteknikk | 9 |
| 2.2.1 | Romsegmentet | 9 |
| 2.2.2 | Bakkesegmentet | 10 |
| 2.2.3 | Kommunikasjonen | 10 |
| 2.3 | Satellittbaner | 11 |
| 2.4 | Operasjon av geostasjonær satellitt | 13 |
| 2.4.1 | Nyttelasten | 14 |
| 2.4.2 | Effektgenerering | 14 |
| 2.4.3 | Retnings- og banekontroll | 16 |
| 2.4.4 | Termisk kontroll | 18 |
| 2.4.5 | Mekanisk struktur og mekanismer | 18 |
| 2.4.6 | Telemetri, tracking og kommando | 18 |
| 2.4.7 | Kontrollsenteret og bakkestasjoner | 19 |
| 3 | KOMMERSIELLE SATELLITTSYSTEMER | 20 |
| 3.1 | Telenor | 20 |
| 3.1.1 | Selskapet | 20 |
| 3.1.2 | System | 21 |
| 3.1.3 | Tjenester | 21 |
| 3.1.4 | Militær anvendelse | 22 |
| 3.2 | Intelsat | 22 |
| 3.2.1 | Selskapet | 22 |
| 3.2.2 | System | 23 |
| 3.2.3 | Tjenester | 23 |
| 3.2.4 | Militær anvendelse | 23 |
| 3.3 | Eutelsat | 23 |
| 3.3.1 | Selskapet | 23 |
| 3.3.2 | System | 24 |
| 3.3.3 | Tjenester | 24 |
| 3.3.4 | Militær anvendelse | 24 |
| 3.4 | Inmarsat | 24 |
| 3.4.1 | Selskapet | 24 |
| 3.4.2 | System | 24 |
| 3.4.3 | Tjenester | 25 |
| 3.4.4 | Militær anvendelse | 26 |
| 3.5 | Iridium | 26 |
| 3.5.1 | Selskapet | 26 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.5.2 | System | 26 |
| 3.5.3 | Tjenester | 27 |
| 3.5.4 | Militær anvendelse | 27 |
| 3.6 | Globalstar | 28 |
| 3.6.1 | Selskapet | 28 |
| 3.6.2 | System | 28 |
| 3.6.3 | Tjenester | 29 |
| 3.6.4 | Militær anvendelse | 29 |
| 3.7 | Orbcomm | 29 |
| 3.7.1 | Selskapet | 29 |
| 3.7.2 | System | 29 |
| 3.7.3 | Tjenester | 29 |
| 3.7.4 | Militær anvendelse | 30 |
| 3.8 | ICO | 30 |
| 3.8.1 | Selskapet | 30 |
| 3.8.2 | System | 30 |
| 3.8.3 | Tjenester | 30 |
| 3.9 | Andre systemer | 31 |
| 4 | SIVIL SATELITTKOMMUNIKASJON TIL MILITÆRE FORMÅL | 31 |
| 4.1 | Motiv | 31 |
| 4.2 | Mulige løsninger og eksempler | 32 |
| 4.2.1 | Eie en militær satellitt | 32 |
| 4.2.2 | Eie militær nyttelast på en kommersiell satellitt | 32 |
| 4.2.3 | Leie kapasitet på en militær satellitt | 32 |
| 4.2.4 | Leie en kommersiell satellitt | 33 |
| 4.2.5 | Leie fast kapasitet på en kommersiell satellitt | 33 |
| 4.2.6 | Abonnere på tjenester | 33 |
| 4.3 | Betraktninger ved bruk av kommersielle satellitter | 34 |
| 4.3.1 | Kapasitet og dekning | 34 |
| 4.3.2 | Tilgjengelighet og kontroll | 34 |
| 4.3.3 | Sårbarhet og sikkerhet | 35 |
| 5 | KONKLUSJON | 36 |
| | Litteratur | 38 |
| | Forkortelser | 40 |
| | Fordelingsliste | 41 |

BRUK AV CIVIL SATELLITTKOMMUNIKASJON I NETTVERKSBASERT FORSVAR - Innledende betraktninger

1 INNLEDNING

Forsvaret er i ferd med å orientere seg mot et nettverksbasert forsvar (NbF), der militære kapasiteter knyttes sammen ved hjelp av informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Målet er gevinst i form av økt stridsevne gjennom økt tempo, økt presisjon og økt overlevelse, fortrinnsvis uten å øke kostnadene. Dette skal skje ved at norske styrker oppnår og utnytter et informasjonsfortrinn i forhold til motstanderen. Et felles og oppdatert situasjonsbilde er sentralt i konseptet, slik at aktivitetene blir synkronisert basert på dette. Det innebærer større grad av informasjonsflyt enn i dagens forsvar, ved å samle data fra sensorer og distribuere informasjon til beslutningstagere og andre relevante deltagere på nettet.

I Forsvarets ”Konsept for nettverksbasert anvendelse av militærmakt – Grunnlag” fremheves det innledningsvis at mobile løsninger vil være å foretrekke, og at tilstrekkelig kapasitet er en forutsetning. Satellittkommunikasjon kan være et viktig bidrag i et slikt nettverk. Det amerikanske forsvaret var først ute med å definere et slikt konsept og har kommet lengst med utviklingen. Parallelt har det vært en trend de siste årene at amerikanerne i større grad har tatt i bruk sivile satellitter i militære operasjoner for å dekke det økende behovet for informasjonsutveksling.

Forsvarets oppgaver er mange, og behovet for kommunikasjonsløsninger vil variere med oppgavene. Satellittkommunikasjon er et vidt begrep, med et bredt spekter av anvendelser, tjenester, utstyr og terminaler. Denne rapporten tar for seg satellittkommunikasjon generelt, inklusive hva operasjon av en satellitt innebærer. Det inneholder også en oppdatering på sivile satellittsystemer og operatører og avslutningsvis noen betraktninger rundt bruk av sivile satellitter. Vurderinger av Forsvarets behov for satellittkommunikasjon eller forslag til løsninger for satellittkommunikasjon i et NbF er ikke omfattet av denne rapporten. Taktisk satellittkommunikasjon er tidligere diskutert i (1).

2 GENERELT OM SATELLITTKOMMUNIKASJON

2.1 Anvendelser av satellittkommunikasjon

Opprinnelig ble kommunikasjonssatellitter tatt i bruk på 60-tallet for kommunikasjon over lange avstander og mellom kontinenter, spesielt for telefon- og TV-overføringer. Etter hvert har anvendelsene blitt mange, og satellittkommunikasjon har visse fortrinn sammenlignet med jordbundne nettverk:

- Det er velegnet for kringkasting og multikasting
- Brukerne kan ha stor geografisk spredning

- Det tar kort tid å sette opp nye forbindelser over store avstander, og det er enkelt å rekonfigurere eksisterende

FN-organet ITU (The International Telecommunications Union) allokere radiofrekvenser for gitte baneposisjoner til nasjoner på verdensbasis, noe som er en forholdsvis tidkrevende prosess. Det må også koordineres med landene som vil dekkes av nye satellitter i forhold til forstyrrelser av allerede eksisterende kommunikasjon. ITU har kategorisert tjenestene, blant annet i faste tjenester, kringkasting og mobile tjenester.

2.1.1 Faste satellittjenester

De faste satellittjenestene har tradisjonelt vært transport av interkontinental og internasjonal trafikk over lange avstander mellom nasjonale telekomnett. Jordstasjonene er utstyrt med store antenner med 15-30 meters diameter. Flere land benytter også satellitt som en del av det nasjonale telekomnettet, noe som også er tilfellet i Norge. Svalbard knyttes sammen med det nasjonale nettet for overføring av ulike typer trafikk, som ordinær telefoni, mobiltelefoni og Internettbruk.

VSAT-systemer (Very Small Aperture Terminal) er en type faste satellittjenester som ofte er brukt for kommunikasjon i store bedrifter med kontorer spredt over hele verden, eller i områder med dårlig utbygde bakkenettverk, som for eksempel Øst-Europa. Som navnet indikerer er disse antennene mindre, typisk en meter i diameter. Det er vanlig å skille mellom stjernenett og maskenett. Et stjernenett brukes gjerne hvis utekontorer skal knyttes til et hovedkontor, og behovet for kommunikasjon mellom utekontorene er lavt. Utestasjonene kan bare kommunisere med en hovedstasjon i et slikt nettverk, og kommunikasjon mellom to utestasjoner vil ha dobbel tidsforsinkelse. I et maskenett kan alle stasjonene kommunisere direkte med hverandre, enten med faste forbindelser eller etter behov, der hovedstasjonen kontrollerer trafikken.

2.1.2 Satellittkringkasting

TV-kringkasting har vært en av de vanligste bruksområdene for kommunikasjonssatellitter. Satellitter kan formidle videosignaler til sendere på bakken, til kabel- og fellesantenneanlegg eller direkte til sluttbrukeres parabolmottagere.

De siste årene har det skjedd en gradvis overgang til digitale sendinger, og så smått har det også dukket opp interaktive tjenester. Med systemer der sluttbrukeren har en returkanal tilbys bredbånds- og multimediatjenester som interaktiv TV, innholdsdistribuering og Internett, og skillet mellom faste tjenester og kringkasting viskes ut.

2.1.3 Mobile og personlige satellittjenester

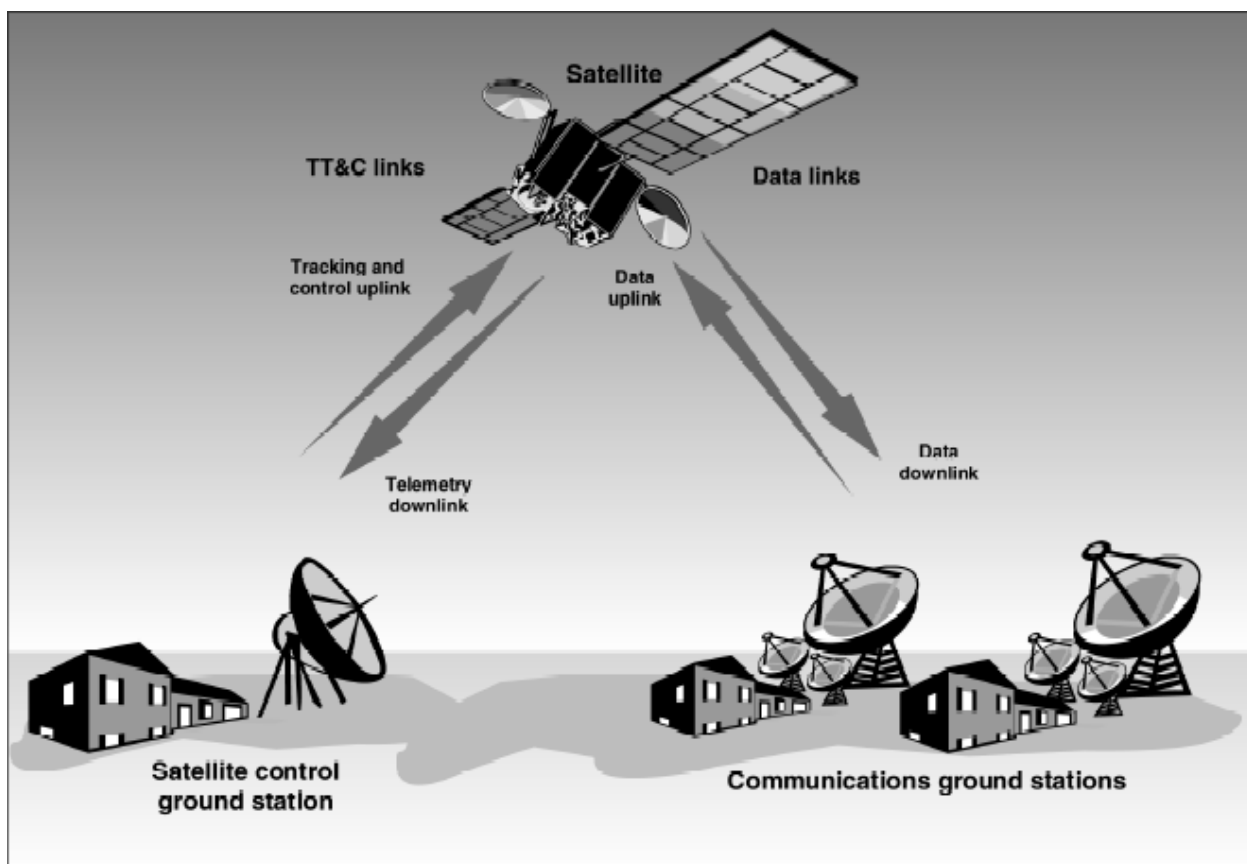
De første mobile satellittjenestene kom på begynnelsen av åttitallet for kommunikasjon med skip på åpent hav. Det var den internasjonale organisasjonen Inmarsat som stod for disse tjenestene, som krevde store antenner om bord. Etter hvert ble utstyret mindre og tjenestene ble utvidet til å omfatte fly og kjøretøy. De senere årene har Inmarsat lansert tjenester for forholdsvis små og bærbare terminaler, som havner i kategorien personlige tjenester, der hver enkelt sluttbruker har direkte forbindelse via egne terminaler.

På nittitallet ble det planlagt en rekke satellittsystemer for personlige tjenester på håndholdte

terminaler, og noen av dem har blitt realisert de siste årene. Dette er telefoni- og lavrate datatjenester for bruk der bakkebaserte mobilnett ikke er utbygd. Planer for egne systemer for globale bredbåndstjenester har vært lansert av flere, men ingen av disse har blitt realisert foreløpig.

2.2 Satellitteknikk

Systemer for satellittkommunikasjon deles gjerne i et romsegment og et bakkesegment. Romsegmentet består av en eller flere satellitter, og bakkesegmentet består av alle jordstasjonene som mottar og sender trafikk. Fasiliteter på bakken for trafikkstyring og kontroll og monitorering av satellitten kan kalles kontrollsegmentet, men defineres ofte som en del av romsegmentet. Figur 2.1 viser komponentene i satellittkommunikasjon.



Figur 2.1 Satellittkommunikasjon

2.2.1 Romsegmentet

En satellitts funksjoner kan deles i to grupper: nyttelast og plattform.

Nyttelasten for en kommunikasjonssatellitt utgjøres av transpondere og antenner. Den karakteriseres ved dekningsområder, antall transpondere, frekvensbånd, polarisasjoner og sendeeffekt.

Jordstasjonene sender opp signaler i et gitt frekvensbånd og med bestemt polarisasjon innenfor dekningsområdet, og hovedfunksjonene til nyttelasten er å motta signalene, forsterke og frekvensforskyve disse med minst mulig tillegg av støy, og til slutt sende signalene til jorda med riktig frekvens og polarisasjon. Frekvensbåndet for satellitten er delt i kanaler.

Mer avanserte satellitter har flerstråleantenner for å gi en bedre tilpasning av dekningsområdet. Kompleksiteten øker fordi nyttelasten må kunne rute signalene til den strålen som mottageren befinner seg. Fordelen er høyere sendereffekt i strålene og at frekvenser kan gjenbrukes i stråler som er tilstrekkelig geografisk atskilt. Ombord-prosessering av signalene i såkalte regenerative satellitter gir økt kapasitet og motstandsdyktighet mot interferens og gjør det mulig å bruke mindre og enklere terminaler.

Plattformens funksjon er å sørge for at nyttelasten kan gjøre jobben sin. Radioforbindelsene til og fra satellitten kalles opp- og nedlinker. I noen satellittkonstellasjoner kommuniserer satellittene også direkte med hverandre via intersatellittlinker. Romsegmentet er nærmere beskrevet i avsnitt 2.4.

2.2.2 Bakkesegmentet

Jordstasjoner finnes i tre klasser:

- Brukerstasjoner, som håndholdte og bærbare terminaler, mobile stasjoner, VSAT-stasjoner og parabolmottagere
- Gatewayer, som gir grensesnittet mellom romsegmentet og nettverk på bakken. Et annet begrep er teleport
- Servicestasjoner, som såkalte "hub'er" og sendestasjoner som gir forbindelse til tjenesteleverandører og mottar og sender informasjon til og fra brukerstasjonene via romsegmentet

Størrelsene varierer fra under 10 cm til flere titalls meter, og avhenger av trafikkmengde og – type som skal kommuniseres.

2.2.3 Kommunikasjonen

De fleste frekvensene som brukes i satellittkommunikasjon tilhører UHF-, SHF- og EHF-båndene. Delbånd betegnes med bokstaver, og de vanligste i sivil satellittkommunikasjon er listet nedenfor:

- L-båndet: 1 – 2 GHz
- S-båndet: 2 – 4 GHz
- C-båndet: 4 – 8 GHz
- Ku-båndet: 11 – 17 GHz
- Ka-båndet: 20 – 30 GHz

Mest brukt for faste tjenester og kringkasting er C, Ku og Ka-båndene. S- og L-båndet brukes primært til mobile tjenester, for eksempel til skip, og meldingstjenester. Lavere frekvenser krever større antenner for å for å oppnå minimum signalstyrke.

Satellitter i lavere baner har bedre signalstyrke som tillater mindre og lettere terminaler og mindre tidsforsinkelse. Et signal bruker litt mer enn et kvart sekund på veien til og fra en geostasjonær satellitt, som utgjør en merkbar forsinkelse i en samtale.

Ulike aksessteknikker håndterer ressursdelingen av en transponder mellom brukere geografisk atskilt i dekningsområdet. Ressursene kan deles i faste porsjoner, eller tildeles etter behov. Det

siste er mer fleksibelt, men krever mer avansert utstyr.

FDMA (Frequency Division Multiple Access): Det totale frekvensområdet i transponderen deles i flere mindre bånd som de ulike jordstasjonene kan bruke. Effekten i transponderen fordeles på brukerne. Fordelen med FDMA er at metoden er enkelt og velprøvd. Ulempen er at utnyttelsen av transponderen ikke er så effektiv, fordi transponderen må opereres på lavere effekt enn metningspunktet for å unngå intermodulasjonsprodukter. Dessuten, hvis kapasiteten skal omfordeles mellom brukerne, vil alle være nødt til å skifte frekvens.

TDMA (Time Division Multiple Access): Hver bruker vil ha full tilgang på transponderens båndbredde og effekt på omgang, det vil si i forhåndsbestemte tidsluker. Dette utnytter transponderen mer effektivt enn FDMA-teknikken, men krever avansert utstyr for tidskontroll for å synkronisere jordstasjonene.

CDMA (Code Division Multiple Access): Med denne metoden har brukerne tilgang til hele båndbredden i transponderen hele tiden og en andel av totaleffekten. Dette kalles også spredt spektrum-teknikk, og en måte å skille signalene på er å fasemodulere disse med forskjellige tilfeldig binære sekvenser (koder). Teknikken har vært vanlig i militær satellittkommunikasjon, fordi det beskytter mot interferens og jamming.

ALOHA: Dette er en tilfeldig aksessteknikk som tillater alle brukerne å sende hele tiden. Sannsynligheten for kollisjoner er stor og effektiviteten er dårlig. S-ALOHA (Slotted ALOHA) bedrer effektiviteten ved at starttidspunkter for transmisjon synkroniseres, men er fortsatt mindre effektivt enn FDMA, TDMA og CDMA. Det kan være egnet for korte meldinger med mye dødtid i mellom.

DAMA (Demand Assigned Multiple Access): Dette er flere protokoller basert på ulike aksessteknikker, som reserverer kapasitet før trafikken starter.

2.3 Satellittbaner

En satellitt beveger seg i bane rundt jorden, og bevegelsen følger Keplers tre lover:

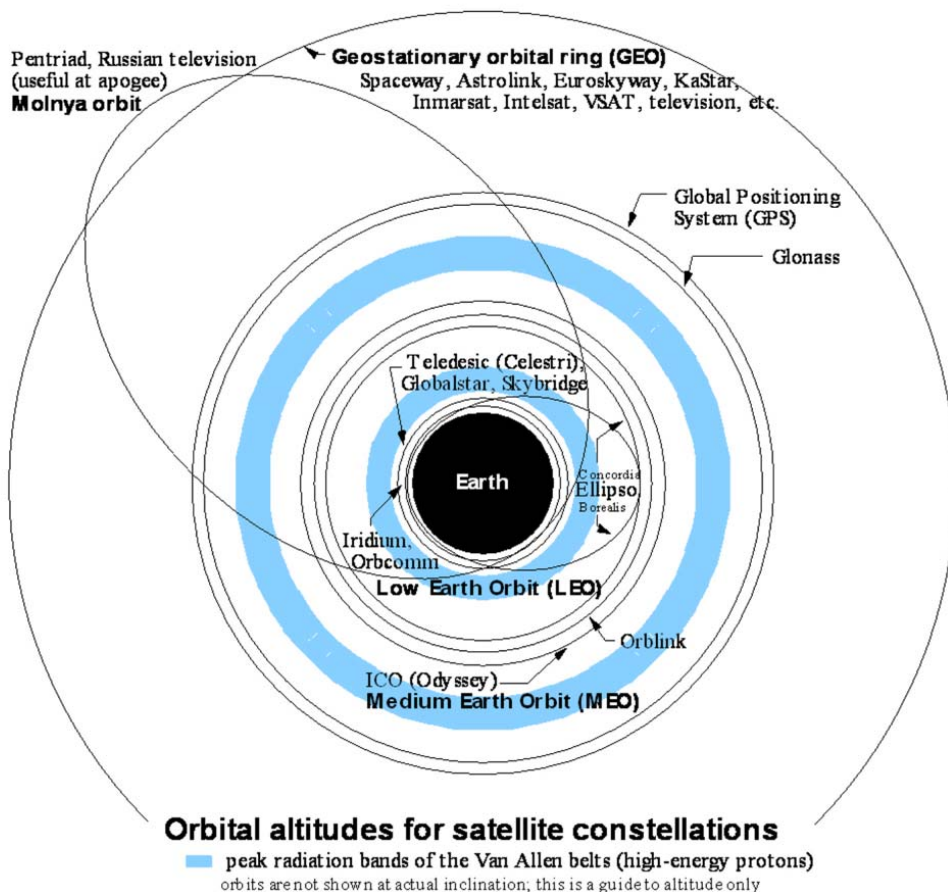
1. Satellittbanen er en ellipse med jorda i det ene brennpunktet. En sirkulær bane er et spesialtilfelle av en ellipse.
2. Vektorradiusen sveiper over like store arealer for et gitt tidsintervall. Det vil si at satellitten vil bevege seg saktere når den er langt fra jorda enn når den er nær.
3. Kvadratet av omløpstiden er proporsjonalt med tredje potens av den lange halvaksen i banen.

Utgangspunktet for lovene er at sentripetalkraften for satellitten balanserer tyngdekraften fra jorden, og de er utledet blant annet i (2). I realiteten vil flere krefter påvirke en satellitts bane, for eksempel gravitasjon fra sola og månen, og vil over tid gi avvik fra banen som må korrigeres. Det er vanlig innenfor satellittkommunikasjon å beskrive en banes plan og form i et geosentrisk ekvatorialt koordinatsystem, og seks parametere er nødvendig for å angi satellittens posisjon ved et gitt tidspunkt.

Kommunikasjonssatellitter går som regel i sirkulære baner, og det er vanlig å skille mellom tre typer: lave jordbaner (Low Earth Orbit – LEO), mellomhøye baner (Medium Earth Orbit – MEO) og geostasjonære baner (Geostationary Earth Orbit – GEO). Satellitter i GEO befinner seg 36 000 km over ekvator og beveger seg en runde i retning øst i løpet av et døgn. Sett fra et punkt på jorden vil det virke som om den ikke beveger seg. Dekningen er dermed konstant over et stort område, opp mot en tredjedel av jordas overflate. Den geostasjonære banen har derfor vært fortrukket for satellittkommunikasjon i 35 år, og er etter hvert blitt en begrenset naturressurs med over 500 eksisterende og planlagte satellitter. Satellitter som bruker de samme frekvensene bør være atskilt med $2 - 3^\circ$ (3).

Plassering av en satellitt i riktig bane gjøres i flere operasjoner. En måte å gjøre dette på er å først skyte den opp fra jorden med en rakett til en elliptisk bane, og deretter fyre av en motor på satellitten i flere omganger til banen er som planlagt.

På nittitallet ble flere satellitter i LEO og MEO planlagt og en del av dem er i operasjon i dag. Disse skulle tilby mobile tjenester fra bærbare terminaler. Lavbanesatellitter må gå i baner som er høyere enn ca 500 km, slik at ikke atmosfæren skaper for mye friksjon, men lavere enn det innerste Van Allen-beltet ved 1500 km med høy tetthet av ladde partikler. Slik stråling kan være ødeleggende for elektronikk om bord i satellitten. Mellombanene er definert som mellom 1500 km og GEO, men de fleste MEO-satellitter befinner seg mellom 10 og 15 000 km, mellom de to Van Allen-beltene. Figur 2.2 illustrerer de ulike banene.



Figur 2.2 Illustrasjon av satellittbaner rundt jorda i to dimensjoner (4)

Satellitter i LEO og MEO går som regel i inklinerte baner. Innen en slik satellitt har gått en runde har jorda rotert, slik at satellitten hele tiden vil dekke nye områder. Tidskontinuerlig dekning over bestemte områder krever mange satellitter i et system, en konstellasjon, og lavere baner krever flere satellitter.

2.4 Operasjon av geostasjonær satellitt

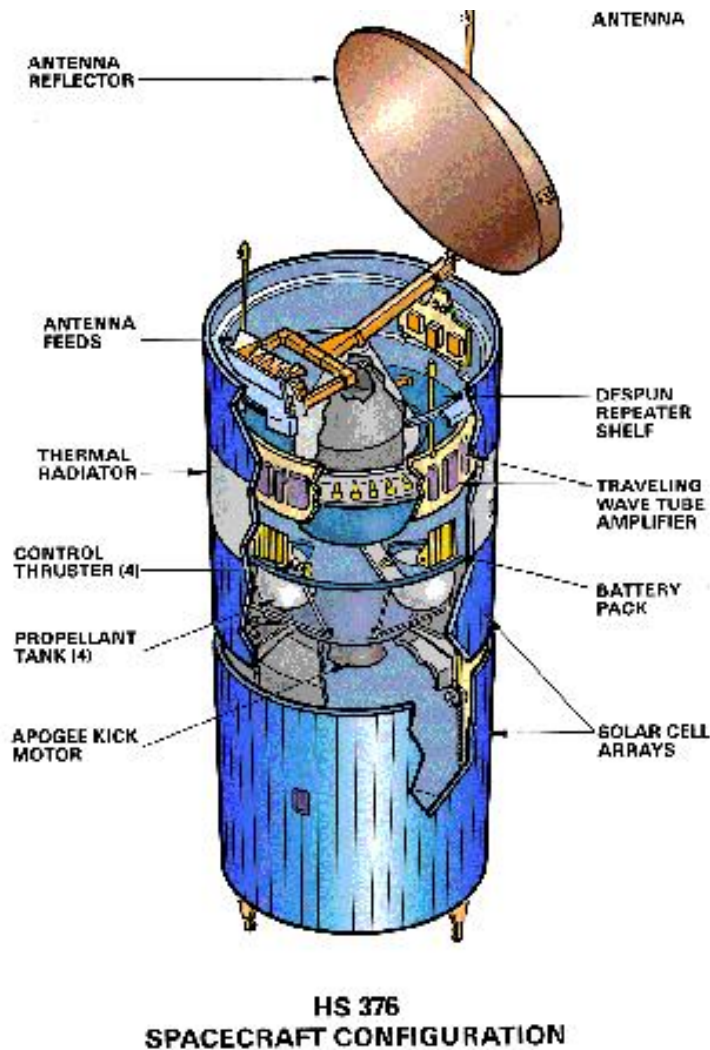
En satellitt er en kostbar investering, både å kjøpe og skyte opp. Typisk levetid for en kommunikasjonssatellitt i geostasjonær bane er rundt 12 år, og i løpet av denne tiden er det ingen muligheter for vedlikehold eller reparasjoner. Operasjon av satellitter krever derfor nøye overvåking og tett oppfølging slik at den holder ut den planlagte tiden, og helst litt lenger. Hver satellitt har en unik nyttelast i forhold til hva den skal brukes til og hvilke områder den skal dekke. Dette virker igjen inn på plattformen i forhold til effekt som må være tilgjengelig, termiske forhold, vekt og størrelse osv. Dette betyr at en satellitt i praksis er skreddersydd og tar fort mer enn ett år å bygge. Hvis en satellitt skulle bli defekt, vil det ikke bare bli en kostbar affære å erstatte den, men også tidkrevende. Store satellittoperatører har ofte reservesatellitter i bane, men små operatører har sjelden råd til dette. Markedsandeler kan fort gå tapt.

For at satellitten skal kunne brukes til de planlagte tjenestene har plattformen en rekke funksjoner. Det innebærer å kunne holde riktig bane og orientering i forhold til jorda, forsyne nyttelasten med tilstrekkelig effekt, holde temperaturene innenfor akseptable rammer, sende tilstandsdata til jorda og motta kommandoer. Dette ivaretas av flere delsystemer:

- Effektgenerering
- Retnings- og banekontroll
- Termisk kontroll
- Telemetri, tracking og kommando
- Mekanisk struktur og mekanismer

Mange av funksjonene utføres automatisk, men noen utføres på kommando fra bakken av operatører. De fleste automatiske funksjonene kan også startes manuelt. Informasjon om status for delsystemene kommer fra flere hundre sensorer som måler temperaturer, strømmer, spenninger, trykk, vinkler, spinnhastighet, retningsinformasjon, status for brytere og mekanismer. Disse dataene sendes jevnlig til jorda. Noen parametere varierer i løpet av døgnet, blant annet en del temperaturer, noen varierer i løpet av året, og for noen er det tydelige trender med årene. Det er viktig å følge med på utviklingen av måledataene, at den er som forventet, og eventuelt fange opp anomalier på et tidlig tidspunkt. I figur 2.3 er en satellitt med noen av komponentene som utgjør de ulike delsystemene skissert.

Dedikerte jordstasjoner og kontrollsenteret inngår i romsegmentet, og det er der den daglige operasjonen foregår.



Figur 2.3 Skisse av en Boeing 376 satellitt

2.4.1 Nyttelasten

Sendeeffekten avhenger av fluksen på signalet fra jordstasjonene, og er proporsjonalt inntil et metningspunkt. Det er ønskelig å operere transponderne ved et punkt nær metningspunktet.

2.4.2 Effektgenerering

Kommunikasjonssatellitter er utstyrt med solcellepaneler og batteri. Solcellepanelene er den primære energikilden, og arealet på panelene må dimensjoneres i forhold til effektbehovet til nyttelasten og de øvrige systemene. Ofte brukt på satellitter er solceller basert på galliumarsenid med en virkningsgrad mellom 19 og 26 %, med høyest virkningsgrad for de som er bygd de seneste årene.

Generert effekt vil variere i løpet av året, avhengig av vinkel på solstrålene i forhold til solpanelet og avstanden til sola. Vinkelen er størst ved sommer- og vintersolverv med 23,5 grader. Effekten vil være lavest ved sommarsolverv (St. Hans aften), for da er i tillegg også avstanden til sola stor. Solcellene degraderes i løpet av levetiden, og dette må også tas med i betraktning for dimensjoneringen. Effekt ved sommarsolverv "end-of-life" er en viktig

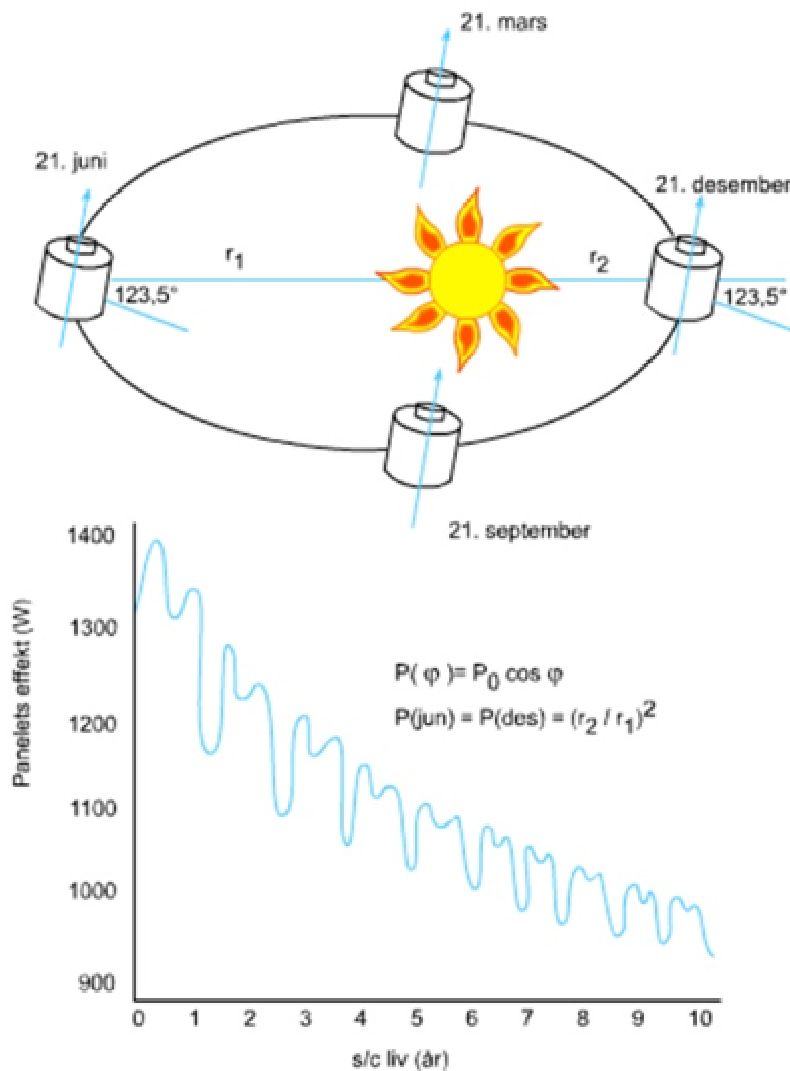
parameter. Ofte designes det slik at en transponder må slåes av mot slutten av levetiden. Figur 2.4 viser hvordan den genererte effekten varierer med årstider og levealder.

De små spinnstabiliserte Thor-satellittene til Telenor har sylindriske kropper dekket med solceller, med et ekstra ”skjørt” som ble trukket ned når satellittene var kommet i bane. Halve arealet på en slik satellitt befinner seg til enhver tid i skygge, og krumningen gjør at effektivt areal tilsvarer sylindereens tverrsnitt. Temperaturene vil være lavere enn på solcellene til treaksestabiliserte satellitter med paneler konstant rettet mot sola, og det gir en bedre virkningsgrad. Mot slutten av levetiden vil Thor-satellittene produsere 1400 W. Store tre-aksestabiliserte kommunikasjonssatellitter under bygging i dag har lange rader med solpaneler som folder seg ut etter oppskyting og kan gi opptil 16 kW mot slutten av levetiden.

Batterienergi lagres som kan brukes når satellitten kommer i skygge for sola. Det kalles eklipse, og for satellitter i geostasjonær bane skjer det i perioder rundt vår- og høstjevndøgn. Da vil sola daglig forsvinne bak jorda sett fra satellitten og være borte i opptil 70 minutter. Eklipseperiodene varer i ca seks uker. Overgangen fra energi fra solcellene til batteriene skjer automatisk når solcellestømmen blir lavere enn en bestemt verdi, og tilsvarende tilbake til solcelle-energi når den er over denne verdien igjen etter eklipsen. Batteriene må lades opp igjen før neste eklipse neste natt ved hjelp av en lav ladestrøm fra solpanelet.

Batterienergi veier mye i forhold til energien de kan lagre. Nikkel-hydrogen-batterier brukes ofte på kommunikasjonssatellitter, og de har en kapasitet på 50-60 Wh/kg. Lagringskapasiteten blir dårligere med antall utlade- og lade sykluser. For at batteriene skal holde ut levetiden bør temperaturene holdes mellom -10 og 25 °C, og utladninger bør ikke overstige mer enn 70-80 % av kapasiteten (”depth of discharge”). Temperaturene synker ved utladning og stiger ved oppladning.

Sensorer måler temperaturer, spenninger og strømmer på solcellepanelene og batteriene. Dette brukes for monitorering, planlegging og operasjon fra bakken. I eklipseperiodene er det viktig å følge med på at overgangene mellom batteri og solpanelenergi skjer ved forventede tidspunkt, sjekke at ”depth of discharge” stod i forhold til eklipsevarigheten og ikke har oversteget anbefalt verdi, starte oppladning av batteriet i tide før neste eklipse og sørge for at batteritemperaturene holder seg innenfor det anbefalte intervallet. På lang sikt overvåkes trender i måledataene, om de er som forventet i forhold til årsvariasjoner og degradering. I perioder på året må varmeelementer ved batteriene settes på for å holde temperaturene over anbefalt nedre grense.



Effektgenerering over tid for rotasjonsstabilisert satellitt.

Figur 2.4 Variasjon i generert effekt med årstider og levetid (5)

2.4.3 Retnings- og banekontroll

Ulike krefter virker på satellitten, slik at bane og orientering i forhold til jorda endrer seg over tid. Delsystemet for retnings- og banekontroll skal sørge for at variasjonene holder seg innenfor akseptable rammer, slik at antennene på satellitten kan kommunisere med antennene på bakken til enhver tid. De to vanligste måtene å holde en satellitt stabil på er ved spinnstabilisering eller treaksestabilisering. I den første metoden er satellitten sylinderformet og roterer om aksene med størst treghetsmoment, som er aksene parallelt med jordaksen. Ved den andre metoden er satellitten utstyrt med momenthjul og gyroer. I det følgende vil retnings- og banekontroll av en spinnstabilisert satellitt bli beskrevet nærmere.

Hughes 376 (nå Boeing 376) har vært en veldig populær spinnstabilisert kommunikasjonssatellitt, mer enn 50 slike er bygd og sendt opp i geostasjonær bane. Alle de tre

Thor-satellittene er av denne typen. Typisk rotasjonshastighet er 55 rotasjoner per minutt. Antennesystemet sitter øverst på sylindren på en antispinn-plattform, som drives i motsatt retning slik at antenna peker mot jorda. Tracking på et eget beaconsignal fra bakken holder antenna i retning mot jorda. En motor i antennefestet kan bevege antenna opp eller ned i små steg.

For å justere rotasjonshastighet, retning og bane brukes fire motorer, to radielle og to aksielle, med kraft på rundt 20 N hver. Drivstoffet er monometylhydrazin og nitrogentetroksid, fordelt i fire tanker av hensyn til redundans, med rør ned til motorene. De to stoffene antenner når de kommer i kontakt med hverandre, som skjer når ventilene åpnes på kommando fra bakken. Ved å åpne riktige ventiler i et bestemt antall pulser til rett tid og med riktig pulsintervall oppnås den ønskede drivkraften. Dette kalles en manøver. En manøver beregnes, dobbeltsjekkes og programmeres før den eksekveres. Under manøveren monitoreres tilstandsdata som forventes å fluktuere underveis eller endre seg. Etter manøveren sjekkes det at endringene i tilstandsdata er som forventet og at riktig antall pulser er eksekvert med riktig lengde og mellomrom. Det er mengden med drivstoff som bestemmer levetiden til satellitten. Satellitten vil være ubrukelig når det ikke er mer drivstoff til å holde den i riktig bane og orientering. Noe drivstoff må holdes av til å flytte satellitten til en bane noen hundre kilometer lengre ut i verdensrommet.

Jordsensorer og solsensorer, et par av hver, brukes til å måle satellittens orientering. Jordsensorene måler infrarød stråling fra jorda. Sensorparene er plassert i bestemte vinkler og avstander i forhold til hverandre, og software på bakken beregner orienteringsparametre ut i fra lengde- og mellomrom på jordpulser og solpulser målt i sensorene når satellitten roterer.

Retningen på satellitten endrer seg over tid på grunn av strålingstrykket fra sola. Angrepspunktet for denne kraften, som vil være tverrsnittets midtpunkt, sammenfaller ikke med tyngdepunktet, og gir et kraftmoment normalt på sollinjen. En satellitt kan operere med noen tiendels graders avvik fra banenormalen. I en retningsmanøver blir derfor satellitten skjøvet til det maksimalt tillatte avviket i motsatt retning av det sola gjør. I løpet av en ukes tid vil solkraften ha skjøvet satellitten til det som er maksimalt tillatt avvik på den andre siden, og en ny retningsmanøver må gjennomføres. Tiden mellom retningsmanøvre varierer med året og endrer seg i løpet av livet. Tverrsnittet vil se større ut når solen skinner nedenfra eller ovenfra ved sommer- og vintersolverv, og tyngdepunktet flytter seg etter hver manøver når drivstoff har blitt brukt.

Banekontroll utøves for å motvirke flere krefter som virker på satellitten og endrer banen fra å være geostasjonær. Gravitasjonskrefter fra sol og måne vil gi en inklinasjon i banepplanet, som vil utgjøre en feil i nord-sør-retning, og gjøre banen elliptisk. Fordi jorda ikke har helt sirkulær form rundt ekvator er jordas gravitasjonsfelt ikke homogent. Det vil gi en drift i øst-vest-retning. Internasjonal norm er å holde en satellitt innenfor en boks på pluss minus $0,1^\circ$ rundt den allokerte posisjonen, dette er ofte kalt "station keeping" på engelsk. Atskilte manøvre i nord-sør og øst-vest-retning sørger for dette, også kalt inklinasjonsmanøvre og drift- og eksentrisitetsmanøvre. Inklinasjonsmanøvrene er de desidert største, mer enn 90 % av drivstoffet går med til disse. De utføres med rundt fire ukers mellomrom, mens drift- og eksentrisitetsmanøvre gjennomføres omtrent annenhver uke. Manøvrene flytter satellitten til maksimal ytterkant av posisjonsboksen i motsatt retning av det naturkreftene virker.

Tracking-antennene på bakken måler asimut- og elevasjonsvinkler og avstand til satellitten, og

dette brukes til å beregne satellittens bane. Ved bruk av kun én antenne må tracking-målinger utføres jevnt fordelt over 2 døgn for å gi mest mulig nøyaktig beregning. Med to antenner tilstrekkelig geografisk spredt er kun avstandsmålinger nødvendig, og med tre antenner kan banen bestemmes med få målinger ved triangulering. Et estimat for banen basert på forrige baneberegning tilpasses målingene i en iterativ prosess. Baneberegninger gjøres før og etter ”station keeping”-manøvre.

2.4.4 Termisk kontroll

Komponentene på satellitten må opereres i gitte temperaturområder for å virke optimalt. Det termiske delsystemet skal sørge for at det er mulig, omgitt av verdensrommet med en temperatur på 4 K og med oppvarming fra sola og utstyr om bord satellitten. Batterier, solceller, drivstoff og elektronisk utstyr stiller forskjellig krav til termisk kontroll, og komponentenes plassering på satellitten, døgnvariasjoner, årstider, eklipser og operasjonelle hendelser spiller inn. Det vil være forskjellige krav til termisk kontroll for en treaksestabilisert satellitt med noen flater i sol og andre flater i skygge i lang tid enn for en roterende satellitt.

Passiv termisk kontroll går ut på å kle overflater med materialer med gitte absorpsjons- og emisjonsegenskaper i forhold til det miljøet de vil utsettes for og kravet til operasjonstemperaturer. Aktiv regulering kan være å bruke varmeelementer som kan skrus på og av på kommando fra bakken og som gir en lokal oppvarming ved en kritisk komponent. Det kan være ved drivstofftanker, batterielementer eller ved en avslått transponder. Det er mulig å sette alarmgrenser på tilstandsdata fra satellitten, og dette brukes aktivt til å følge med på temperaturer og skru av og på varmeelementer etter behov.

2.4.5 Mekanisk struktur og mekanismer

Den mekaniske strukturen til en satellitt skal være stiv og sterk men samtidig være så lett som mulig, siden oppskytingskostnadene er proporsjonalt med satellittens vekt. Strukturen må beholde formen når den utsettes for vibrasjoner under oppskytingen og temperaturvariasjoner i operasjon. Noen mekanismer skal bare brukes i det satellitten er kommet i bane, som de som sørger for å folde ut solcellepaneler og antenner. Andre skal brukes gjennom livsløpet, som antenne-stepmotoren. Slike mekanismer vil monitoreres for å følge med på at de virker som de skal, spesielt etter flere års bruk og mulig slitasje.

2.4.6 Telemetri, tracking og kommando

Delsystemets funksjoner er å formidle tilstandsdata fra sensorer på satellitten til kontrollrommet, utføre operasjoner på kommando fra kontrollrommet og verifisere dette, samt gjøre målinger av satellittens bane fra bakken. På engelsk forkortes dette ofte med TT&C (Telemetry, Tracking & Command). Telemetribindelsen er kontinuerlig, og viktige parametere blir sendt oftest. Egne jordstasjoner på bakken er dedikert til TT&C. Det er viktig at overføring av data til og fra satellitten er mulig selv om satellitten er ute av retningskontroll. Derfor er satellitten også utstyrt med en rundstrålende antenne som kan brukes til TT&C.

2.4.7 Kontrollsenteret og bakkestasjoner



Figur 2.5 Kontrollrommet til Telenor på Fornebu. Herfra opereres Thor II og Thor III (6)

Operasjon av satellitter foregår fra et kontrollsenter og en TT&C jordstasjon med forbindelse til kontrollrommet. I figur 2.5 er et bilde av Telenors kontrollsenter på Fornebu. Det er vanlig å ha et backup kontrollsenter og jordstasjon ved andre lokasjoner. Fra kontrollrommet sendes kommandoer til satellitten via antenna på opplink og mottar telemetri fra satellitten på nedlinken. Antenna må ha et trackingsystem for å følge satellittens relative bevegelse i forhold til jorda. I perioder skal antenna gjøre avstandsmålinger, og dette kombinert med vinkelmålinger fra trackingen utgjør input til baneberegningene. Slike antenner plassert i land som Norge må ha en funksjon for av-ising som kan settes på ved mye snø i antenna. To ganger i løpet av året, rundt vår- og høstjevndøgn, vil sola sett fra jordstasjonen være i samme retning som satellitten, og dette vil gi støy i antenna.

Operasjon av satellitter engasjerer en rekke mennesker til ulike oppgaver:

- Administrasjon
- Operatører som monitorerer tilstandsdata og utfører mindre operasjoner jobber i skift 24 timer i døgnet 7 dager i uka. Planlagte operasjoner i løpet av skiftet er satt opp i en plan. Operatørene logger alt som gjøres og skjer, som for eksempel når eklipseprosedyren ble startet eller hvis en tilstandsparameter overskrider alarmgrensen som er satt.
- Ingeniører som tilpasser og drifter utstyr på bakken, både hardware og software, og sørger for at bakkesystemet virker
- Ingeniører som er spesialiserte innenfor de ulike delsystemene, både på bakken og på satellitten. Disse planlegger operasjoner, bistår operatørene ved større operasjoner og kan

tilkalles ved unormale hendelser. Disse utfører også jevnlig analyse av tilstandsdata og følger med på satellittens utvikling.

- Baneberegnerne som planlegger målinger av satellittens bane og retning, utfører baneberegninger, planlegger manøvre, er tilstede under manøvrene og analyserer manøvrene i etterkant. Disse vil også gi innspill til planleggingen av operasjonen i forhold til andre naturgitte hendelser, som start, slutt og varighet på eklipsene, solinterferens i jordsensorer på satellitten og antenner på bakken. Baneberegnerne bruker egne programmer til sine oppgaver.

Telemetri kan framstilles grafisk i sanntid i kontrollsenteret, og ved spesielle hendelser følger operatørene med på viktige parametere som er forventet å endre seg. For eksempel i forkant av en eklipse settes skjermene opp til å vise strøm og spenninger fra solpanelene og batteriene. Et annet program visualiserer delsystemene og viser oppdatert status for komponentene. All telemetri blir lagret slik at det senere er mulig å analysere variasjoner og trender over tid. I kontrollrommet er også maskinene som har kommandogrensesnittet. For planlagte operasjoner startes små prosedyrer og kommandoer i beskrevet rekkefølge. En prosedyre inneholder flere kommandoer. Alle operasjoner er beskrevet, også operasjoner som skal brukes i nødtilfeller.

De færreste som jobber med operasjonen har noen gang sett satellitten, slik at god opplæring og nøyaktig og fullstendig dokumentasjon fra leverandøren er viktig. En satellittsimulator er en del av leveransen. Denne brukes til opplæring og testing av operasjoner og prosedyrer.

3 KOMMERSIELLE SATELLITTSYSTEMER

Dette kapittelet tar for seg noen kommersielle satellittsystemer og anvendelser av disse. Flere av disse er tidligere beskrevet i (2) i 1998 men er allikevel inkludert her, fordi svært mye har skjedd siden da.

Satellittmarkedet preges av private selskaper med internasjonale eiere, og salg og oppkjøp av andeler skjer stadig. Noe bakgrunnsinformasjon om selskapene er derfor tatt med, fordi det også er av betydning for en vurdering av de sivile aktørene. Noen eksempler på militære anvendelser av de ulike systemene er nevnt.

Det finnes mange store aktører, og denne rapporten er avgrenset til Telenor, som er den nasjonale operatøren, og selskaper som tidligere var store internasjonale organisasjoner der Norge var medlem, som Intelsat, Eutelsat og Inmarsat. I tillegg er de nyere globale systemene for mobile tjenester tatt med, det vil si Iridium, Globalstar, ICO og Orbcomm.

3.1 Telenor

3.1.1 Selskapet

Telenor har lang erfaring innenfor satellittkommunikasjon. På 70-tallet oppstod et behov for kommunikasjon til oljeplattformene i Nordsjøen, og i 1976 opprettet Televerket satellittforbindelse gjennom sitt NORSAT-system. Svalbard ble knyttet til systemet i 1979, og Norge var dermed det første landet i Vest-Europa som brukte satellittkommunikasjon som en

del av sitt nasjonale telenett. Satellittkapasitet ble leid av Intelsat. Behovet for å kommunisere med maritime fartøy gjorde Norge sentral i opprettelsen av Inmarsat. Det førte igjen til at jordstasjonen på Eik ble åpnet i 1982 for slik trafikk.

Jordstasjonen på Nittedal ble etablert i 1986 for TV-kringkasting til Svalbard og svensk TV1 og TV2 til Norge. Den ble kraftig opprustet i forkant av Lillehammer-OL, da Telenor skulle være totalleverandør av telekommunikasjon og TV-bilder. Da ble det også bestemt å kjøpe en egen satellitt. En brukt britisk TV-satellitt ble kjøpt i 1992, omdøpt til Thor I og flyttet til 1° vest. Senere spesifiserte og kjøpte Telenor to satellitter til, Thor II og Thor III, som ble skutt opp i 1997 og 1998. I januar i år ble Thor I manøvrert 300 km ut av geostasjonær bane etter 12 år i tjeneste.

De siste årene har Telenor gjort en rekke investeringer i aksjer og selskaper for å posisjonere seg som en av verdens største operatører for globale, mobile satellittjenester, og de er nå den største eieren i Inmarsat. Oppkjøpet av den amerikanske Inmarsat-operatøren Comsat Mobile Communications tilførte to jordstasjoner i USA.

Telenor har eierskap i flere internasjonale satellittsystemer (7):

- 15% i Inmarsat Ventures Plc.
- 4,1% i Intelsat Ltd.
- 3,7% i New Skies Satellites N.V
- 0,4% i Eutelsat S.A.

Staten eier 63,7% av Telenor-aksjene.

3.1.2 System

Thor-satellittene er plassert ved 1° vest, og begge er designet for en levetid på 12 år. Til sammen har de 29 transpondere i Ku-båndet. Ved samme posisjonen er Intelsat 707, som Telenor leier 10 Ku-bånds transpondere på. Telenor har kjøpt en firedel av kapasiteten på Intelsat 10-02 som vil erstatte Intelsat 707 i januar 2004. Det tilsvarer ti høyeffekts Ku-transpondere i de to punkstrålene som vil dekke Europa. I tillegg leies kapasitet etter behov på satellitter i andre posisjoner, blant annet på Eutelsat sine satellitter.

Telenors egne satellitter opereres fra hovedkvarteret på Fornebu. Antenner for TT&C er på jordstasjonen i Nittedal, med backup-antenner på Åland og Eik for henholdsvis Thor II og Thor III.

De to viktigste jordstasjonene for kringkastings- og nettverkstjenestene er på Nittedal og i London, mens fem mindre er plassert i Stockholm, København, Helsinki, Bratislava og Sofia. Her blir data pakket, kodet, noen ganger kryptert, lagret og sendt til satellittene. For de mobile tjenestene er den viktigste jordstasjonen på Eik. Den kan tilby en rekke av Inmarsats tjenester og er også sentral for Sealink. Viktig for å kunne tilby globale tjenester er de to jordstasjonene i USA.

3.1.3 Tjenester

Mobile tjenester omfatter tjenester fra Inmarsat (se 3.4) og Iridium (se 3.5) i tillegg til et eget

produkt, Sealink. Det siste er VSAT-tjenester beregnet for større maritime fartøy, der utstyr, installasjon og vedlikehold er med i produktet. Kundene betaler fast pris i måneden for gitt kapasitet på opptil 2 Mbps for tjenester som telefoni, fax, datatjenester, Internett, TV, radio og videokonferanse. Fartøyene har en stabilisert antenne på 1-2 meter og utstyret veier opptil 500 kg.

Telenor er ledende i Norden på TV- og radiokringkasting, og tilbyr også et stort spekter av faste satellittjenester. Generelt har Telenor et marked for bedriftstjenester og Internett basert på VSAT-nettverk i Sentral- og Øst-Europa, Midt-Østen og Afrika. Nettverkskonfigurasjon og pris avhenger av tjenestene som skal brukes og ønsket kapasitet. Hastigheter opp mot 2 Mbps er mulig.

På Svalbard har Telenor to jordstasjoner for kommunikasjon til fastlandet. På 78. breddegrad er dette opptil grensen for hva som er mulig for kommunikasjon til geostasjonære satellitter. En viktig nisje er overføring av data nedlastet fra satellitter i polare baner til Svalbard Satellite Station.

3.1.4 Militær anvendelse

Telenor leverer VSAT-baserte mobile kommunikasjonssentre for freds- og hjelpeoperasjoner. Produktet er utviklet i samarbeid med Forsvarets Tele- og Datatjeneste (nå en del av FLO/IKT) og inkluderer maskin- og programvare og nettverksinfrastruktur. Utstyret plasseres i containere som lett kan fraktes med fly, skip eller på land. Antenna er montert på toppen av containeren og slår seg ut og stiller seg inn etter den programmerte satellittposisjonen automatisk. Til operasjonell bruk tilbys telefoni, fax, åpen eller sikker dataoverføring og videokonferanse. I tillegg kan personell bruke kort-telefoner og få tilgang til e-post, Internett og banktjenester. For mer permanent plassering kan antenna byttes ut til en større som gir høyere kapasitet, og nettverket kan utvides for mobiltelefoner, DECT-telefoner og VHF radiokommunikasjon. Nettverkene styres fra Nittedal jordstasjon, som ivaretar krypterte overføringer. Slike kommunikasjonssentre brukes av den norske KFOR-delegasjonen i Pristina i Kosovo og Skopje i Makedonia. De gir sikker forbindelse til Forsvarets Digitale Nett og muliggjør video- og telefonkonferanser til hovedkvarter i Norge. VHF radiokommunikasjon knytter mindre leire i nærheten til nettverket (8).

Telenor inngikk en treårs kontrakt med NATO i 2001 for installasjon og operasjon av et satellittsystem for kommunikasjon mellom NATOs hovedkvarter i Brussel og KFOR- og SFOR-styrkene. Til sammen 17 steder skulle knyttes sammen i nettverket via satellitt og mikrobølgesamband. Flere kontrakter er også inngått med FN, blant annet UNICEF, for å knytte ulike hovedkvarter i New York med feltkontorer i Europa, Afrika og Midt-Østen (9).

3.2 Intelsat

3.2.1 Selskapet

På initiativ fra den amerikanske Kongressen ble ”the International Telecommunications Satellite Organization” dannet i 1964 med 12 medlemsland. Året etterpå ble den første kommersielle kommunikasjonssatellitten i verden skutt opp. Den første verdensdekkende

direktekringkastingen ble gjort via Intelsat sine satellitter i 1969 av månelandingen. I 1974 aktiverte Intelsat en direkte ”hot link” mellom Kreml og Det hvite hus (10).

Antall medlemmer hadde rukket å vokse til 146 land før privatisering ble gjennomført i 2001. I forkant ble det kommersielle selskapet New Skies opprettet, og seks av Intelsats satellitter ble overført til dette. Etter privatiseringen hadde Intelsat over 200 aksjonærer, og de største eierne var Lockheed Martin, det nasjonale indiske teleselskapet VSNL, France Telecom, Telenor og britiske BT (11). Hovedkvarteret er på Bermuda, men de har også hovedkontorer i Washington D.C. og London.

3.2.2 System

Intelsat eier og opererer 24 geostasjonære satellitter, og dekker dermed hele kloden bortsett fra polområdene. Flåten består av Intelsat V, VI, VII, VIII og IX-satellitter. I tillegg leier Intelsat kapasitet på to satellitter. Som nevnt tidligere skal Intelsat 10-02 skytes opp i januar 2004, se 3.1.2. Alle satellittene har transpondere for C og Ku-båndet. Med årene har satellittene blitt større, med høyere effekt og mer avansert nyttelast.

I løpet av de siste 18 månedene har Intelsat bygget ut et bakkenett for å tilby tjenester over det de kaller hybrid infrastruktur. Det vil si at trafikken rutes via bakken eller satellitt ettersom hva som er mest hensiktsmessig. Romsegmentet kombineres med teleporter og Internett-tilknytningspunkter knyttet sammen med fiber i USA, Europa og Asia.

3.2.3 Tjenester

Intelsat leverer faste satellittjenester, men deres kunder er telekomselskaper, tjenestetilbydere, kringkastingsselskaper, carrier-virksomheter og Internett-leverandører. Slike selskaper kjøper kapasitet for å utvikle og tilby sluttproduktene. Eksempler er TV-kringkasting, Internett-tilknytning, VSAT-løsninger og fjerntrafikk.

3.2.4 Militær anvendelse

Intelsat har opprettet en egen divisjon kalt ”Government solutions” for å fokusere på blant annet militære løsninger. Ti prosent av Intelsats inntekter kommer fra denne trafikken (12). Blant annet leverer de bredbåndskapasitet til den amerikanske marinen, som brukes for å distribuere bilder og etterretningsinformasjon samt til videokonferanser og telemedisin (13).

3.3 Eutelsat

3.3.1 Selskapet

Opprinnelig var Eutelsat en organisasjon med medlemmer blant de europeiske nasjoner, og de har tilbudt kommersielle tjenester siden tidlig på 80-tallet. I 2001 ble det privatisert som et fransk selskap. Siden da har det blant annet kjøpt seg inn i Hispasat, den nasjonale spanske satellittoperatøren. Det siste året har store endringer skjedd på eiersiden. De amerikanske selskapene PanAmSat og Intelsat la inn konkurrerende bud for kontroll i selskapet etter at de nasjonale telekomselskapene i Storbritannia, Frankrike og Tyskland signaliserte at de ønsket å selge sine andeler. Ingen av disse kjøpene ble noe av, men siden har både France Telecom og Deutsche Telecom solgt sine aksjer til andre europeiske selskaper. Det britiske BT og Telecom

Italia er fortsatt blant de største eierne.

3.3.2 System

Eutelsat eier 20 geostasjonære satellitter med kapasitet i C-, Ku- og Ka-båndet. I tillegg leier de kapasitet på tre. Fordelt på 16 baneposisjoner gir det dekning i hele Europa samt deler av Afrika, Midt-Østen, Asia, Nord- og Sør-Amerika. Nye fire satellitter skal skytes opp i løpet av de neste to årene. Satellittene kontrolleres fra hovedkvarteret i Paris, via kontrollstasjoner i Frankrike, Portugal og Russland.

3.3.3 Tjenester

Eutelsat er en stor europeisk aktør på markedet for faste satellittjenester og kringkasting som TV-kringkasting, bredbånds- og multimediatjenester, videooverføring, transport og VSAT-nettverk. De retter seg både mot tjenestetilbydere og forbrukere. Produktet Emsat er en mobil tjeneste med tale og lav hastighetsdata for skip. De har også et produkt for flåtestyring.

3.3.4 Militær anvendelse

I forkant av den andre Irak-krigen fikk Eutelsat en stor kontrakt med det amerikanske forsvarsdepartementet, etter sigende på 40 millioner dollar for en viss kapasitet i ett år. De hadde ledig kapasitet i det rette området og var villige til å reservere kapasitet måneder i forveien (14).

3.4 Inmarsat

3.4.1 Selskapet

Inmarsat (the International Mobile Satellite Organization) har levert mobile og globale satellittjenester siden 1982. Inmarsat ble stiftet i 1979 som en internasjonal organisasjon for å bedre kommunikasjonen til og fra skip. Etter hvert var det rundt 80 medlemsland, men i 1999 ble selskapet privatisert.

I september 2000 økte Telenor sin eierandel fra 6,8 til 15 % i Inmarsat, som er maksimum tillatt andel, og ble den største eieren. Nesten like stor eier er det amerikanske selskapet COMSAT Corporation med 14 % av aksjene. Andre eiere med mer enn tre prosent aksjer finnes i Storbritannia, Japan, Nederland, Frankrike, Hellas, Tyskland og Russland.

3.4.2 System

Fire geostasjonære satellitter er plassert slik at de dekker hele jorda, med unntak av polområdene. I tillegg finnes det fem reservesatellitter i bane, disse brukes som backup av de primære satellittene og til leide tjenester. Dekningsområdene betegnes som havområder.

Andregenerasjonssatellittene ble skutt opp tidlig på nittitallet og var designet for å vare i 10 år. Tredjegerasjonssatellittene var på plass i 1998 med atskillig høyere effekt og punktstråler i tillegg til en global stråle. Båndbredde og effekt kan allokteres dynamisk i de ulike strålene, slik at områder med stor trafikk kan få ekstra kapasitet. To fjerdegenerasjonssatellitter er planlagt å være i bane i løpet av 2005. De skal brukes til bredbånds- og multimediatjenester. Disse satellittene vil være enda større og mer avanserte.

Alle satellittene kontrolleres fra satellittkontrollsentret ved hovedkvarteret i London. TT&C-stasjonene er plassert i Italia, Kina og Southbury og Santa Paula i USA. De to siste eies av Telenor.

Satellittene er knyttet til de nasjonale og internasjonale telekommunikasjonsnettene via ca 40 jordstasjoner fordelt på alle kontinenter. Disse eies og driftes av selvstendige operatører. Jordstasjonene kommuniserer med satellittene i C-båndet. I hvert havområde er det en nettverkskontrollstasjon (NCS - Network Control Station) som allokere kanaler i satellittene og kontrollerer signalering.

Brukerne har mobile stasjoner. Disse er kategorisert i forhold til miljøet de opererer i og videre i standarder for ulike typer tjenester. Alle opererer i L-båndet. Før en produsent kan selge og markedsføre en spesifikk terminal må den godkjennes av Inmarsat. Nera lager terminaler for en rekke av Inmarsat-standardene, og er også leverandør av jordstasjoner.

Generelt bør elevasjonsvinkelen være større enn 5° for å kunne bruke tjenestene, tilsvarende 76. breddegrad, men tjenestene beregnet for fly kan være tilgjengelig opp til 86. breddegrad på grunn av flyets høyde.

3.4.3 Tjenester

Operatørene av jordstasjonene tilbyr tjenestene til sluttbrukerne, og betaler Inmarsat for bruk av romsegmentet. For ulike Inmarsat-standarder er det tilhørende mobilstasjoner som er tilpasset tre type miljøer: på skip, på fly og på land. En standard definerer tjenestene og datahastighet. I 2002 passerte selskapet 260 000 aktive terminaler, de fleste av disse i maritim sektor. Utstyr for Inmarsats aeronautiske tjenester er installert på over 4500 fly, og de fleste store ruteflyselskapene bruker disse tjenestene.

Den første standarden, Inmarsat-A, gjorde telefoni og teleks tilgjengelig på store fartøy til havs. Mobilstasjonene var store og tunge, de veide 120 kg og hadde 1 meters stabiliserte antenner. Med over 20 år i bransjen har det etter hvert blitt et stort spekter av standarder. I dag finnes det standarder for store skip og mindre båter, store fly, småfly og helikoptre, kjøretøy og bærbare terminaler. Noen er rene meldingstjenester med lav datarate på 600 bps, mens mange standarder tilbyr tale og data opptil 64 kbps.

Med lanseringen av Inmarsat mini-M beveget selskapet seg inn på markedet for personlige satellitttjenester. Terminalen veier kun 2,6 kg og kan brukes for tale og lavhastighetsdata. Dette har blitt den mest populære tjenesten med over 100 000 slike terminaler registrert. I 1999 kom standarden GAN (Global Area Network) med 64 kbps datarate rettet mot bedriftsmarkedet, for mobile brukere som i tillegg til telefoni ønsker tilgang til lokale datanett og Internett, vil overføre filer og ha videokonferanser. Terminalene er på størrelse med en laptop og veier 4 kg.

Videre går utviklingen mot mobile bredbånds og multimediatjenester, som kommer med BGAN (Broadband Global Area Network) i 2005. Teoretisk hastighet vil være 432 kbps, men vil i praksis være mindre fordi kapasiteten skal deles på brukerne i samme punktstråle. I påvente av BGAN kom R-BGAN (Regional BGAN) i fjor, med maksimal hastighet på 144 kbps. Brukeren må ha et satellittmodem som kobles til en PC eller en hub for et lokalt nettverk. Modemet veier

1,5 kg. Denne trafikken går via leid kapasitet på den arabiske satellitten Thuraya-1.

3.4.4 Militær anvendelse

Inmarsat-terminaler har vært flittig brukt i militære og fredsbevarende operasjoner helt siden Falklandskrigen. Inmarsat ble brukt av amerikanske styrker i en rekke militære operasjoner på nittitallet, i Panama, Irak og Somalia. Etter Operation Desert Storm ble et eget Navy Inmarsat program startet for å utstyre skipene i marinen med Inmarsat-terminaler for å lette trykket på de militære satellittene.

I en pressemelding 18. mars 2003 ble det gjort kjent at Inmarsat opprettet et nytt område. En reservesatellitt ble tatt i bruk for å øke kapasiteten i Midt-Østen i forbindelse med Irak-krigen. Den ekstra kapasiteten var reservert for GAN. Dette femte området er midlertidig og vil vare så lenge det store antallet brukere fra hjelpeorganisasjoner, media og myndigheter genererer mye trafikk (15).

Kryptert kommunikasjon er mulig med flere av Inmarsats standarder, blant annet mini-M og GAN.

3.5 Iridium

3.5.1 Selskapet

Opprettelsen av Iridium ble annonsert i 1989, og Motorola var den største investoren. Systemet var operasjonelt i ni måneder før selskapet gikk konkurs i 1999. Det ble planlagt å styrte satellittene i atmosfæren, der de ville brent opp, men i siste liten gikk en gruppe investorer inn og kjøpte systemet til spottpris. Det som hadde kostet de forrige eierne 5 milliarder amerikanske dollar i investeringer ble kjøpt for 25 millioner dollar.

Det nye selskapet har hovedkontor i USA, men over 60 % av aksjene tilhører tre utenlandske eiere. Blant annet kontrollerer en fetter av saudiarabiske Kong Fahd, et selskap med 24 % av aksjene¹. De to andre er et australsk og et brasiliansk selskap med henholdsvis 27 og 9 % av aksjene. Et amerikansk selskap har også 27 % av aksjene (16).

De lave oppstartskostnadene gjorde at det nye selskapet stilte med et helt annet økonomisk utgangspunkt. Det ble også gjennomført en rekke grep for å kutte driftskostnadene. Ikke minst hjalp det at de fikk en gigantkontrakt med det amerikanske forsvarsdepartementet helt i starten. Det nye Iridium satser på nisjemarkeder, som det militære, industri og hjelpeorganisasjoner, og tilbyr atskillig billigere tjenester og terminaler til kundene enn det første selskapet.

3.5.2 System

Systemet var opprinnelig planlagt med 77 satellitter, og derav navnet Iridium, oppkalt etter atomet med 77 elektroner. Antallet ble nedskalert til 66 satellitter, og disse går i nær polare lavbaner (LEO). De er fordelt likt i 6 baner 780 km over jorda. I tillegg finnes også 14 reservesatellitter i lavere baner. Satellittenes levetid var beregnet til mellom sju og ni år. Nye

¹ Denne prinsen var også inne på eiersiden i det forrige selskapet i samarbeid med Saudi Binladen Group. Så sent som tre år før 9/11 var en bror av Osama bin Laden, Hasan bin Laden, direktør for Iridium LLC (18).

beregninger viser derimot at systemet kan holde til slutten av 2014 uten oppskyting av flere satellitter (17).

Satellittene bruker ca 100 minutter på en runde rundt jorda. Hver satellitt har 48 punktstråler som dekker et område på ca 50 km i diameter. Dekningsområdene er såkalt satellittfaste, dvs. de flytter seg med satellitten. En satellitt er synlig i forhold til en bruker på jorda i mellom 10 og 20 minutter, slik at flere overleveringer mellom satellitter kan skje i løpet av en samtale. Hver satellitt kan kommunisere med fire andre satellitter via intersatellittlinker. Kommunikasjon med mobilterminalene foregår i L-båndet, mens kommunikasjon med jordstasjonene og andre satellitter skjer i Ka-båndet.

To gatewayer, en i USA og en i Italia, håndterer oppsett av samtaler og taksering og gir forbindelse til bakkebaserte telefoninett. En egen gateway på Hawaii brukes til tjenester for det amerikanske forsvarsdepartementet.

Terminalene for bruk på land minner veldig om mobiltelefoner for GSM. For noen finnes det ekstrautstyr som gjør at de også kan brukes i bakkebaserte mobilnett. I tillegg finnes terminaler tilpasset for montering på skip og fly. Motorola er en viktig terminalleverandør.

3.5.3 Tjenester

Iridium tilbyr mobile satellitt-tjenester over hele verden, inkludert hav- og polområder. Den første kommersielle tjenesten ble lansert i 2001. Iridium opererer med flate takster, det vil si samme pris uavhengig av avstander, lokasjon eller tid på døgnet.

Mange av funksjonene for en Iridiumtelefon er felles med vanlige mobiltelefoner. Det er telefoni, viderekobling, telefonsvarer og SMS. Terminalen kan brukes som et modem for en PC til lavrate datatjenester. Med en hastighet på 2,4 kbps kan brukeren sende e-post og få aksess til Internett og bedriftsnett. En Internett-tjeneste komprimerer innholdet og øker hastigheten. Et alternativ til abonnements-tjeneste er kontantkort. Det finnes også Iridium personsøkere.

3.5.4 Militær anvendelse

Trafikken fikk en oppsving i etterkant av terrorangrepene i USA 11. september 2001. På Manhattan brøt mobilnettets sammen og fastnettet i området ble stengt. Mobilnettets i Washington ble overbelastet av samtaler fra folk i panikk. Over tusen Iridium-terminaler ble sendt til Manhattan, Pentagon og Washington, og i flere dager var dette den eneste kommunikasjonen som var tilgjengelig i katastrofeområdene (19).

U.S. Department of Defense (DoD) inngikk en avtale med Iridium i desember 2000 om å ha ubegrenset ringetid for opptil 20 000 abonnenter i to år. Prislappen var rundt 36 millioner USD per år. Den ble fornyet for ett år til i desember 2002. Tjenesten ble kalt Enhanced Mobile Satellite Services (EMSS), og DoD opererer en egen gateway på Hawaii. Det sikrer ende-til-ende kryptering og beskyttelse av sensitive brukerdata. Gatewayen gir tilgang til det militære datanettet, samt ukrypterte forbindelser til kommersielle nett (20). I tillegg til forsvarsdepartementet er tjenestene tilgjengelige for ansatte i utenriksdepartementet, FBI, narkotikapolitiet og tollvesenet. En krypteringsenhet kan settes på telefonene.

I april 2002 kom 62 % av samtalene fra Sørøst-Asia, som inkluderer både Afghanistan og Persiabukta. Krigen i Irak ga trafikken et nytt løft. Mer enn 15 000 Iridiumtelefoner var i bruk av militært personell, og trafikken tredoblet seg i løpet av et par måneder (21). I en feltrapport skrevet av marinekorpset kommer det fram at erfaringene var gode, og at Iridium ga styrkene en av de mest pålitelige måtene å holde kontakt med hverandre på (22).

3.6 Globalstar

3.6.1 Selskapet

Globalstar ble etablert i 1991. Til tross for at 12 satellitter gikk tapt i en mislykket oppskyting kunne selskapet starte kommersielle tjenester i 1999. Selskapet har hatt store økonomiske problemer, og måtte søke om konkursbeskyttelse i begynnelsen av 2000. I april 2003 fikk ICO godkjent et kjøp av 54 % av aksjene for 55 millioner dollar i et nytt restrukturert selskap. Resten av aksjene vil bli fordelt på de tidligere eierne. Ved utgangen av første kvartal 2003 hadde Globalstar 84 000 abonnenter (23).

3.6.2 System

Dette er et LEO system som baserer seg på 48 aktive satellitter og fire i reserve. Satellittene er fordelt i åtte baner 1414 km over jorda, og hver satellitt bruker 114 minutter på en runde rundt jorda. Satellittene gir dekning mellom 70° nord og 70° sør. Polområdene, mesteparten av Grønland, deler av Norge og Norden, Canada, Sibir, Alaska og Sør-Amerika er dermed ikke dekket. Siden satellittene ikke har intersatellittlinker er det nødvendig at det alltid finnes en gateway innefor det samme fotavtrykket. En gateway dekker ofte flere land. Antallet ble kraftig nedskalert fra opprinnelig planlagte 150 til 38. I tillegg må lisensavtaler med tjenesteoperatører i området være på plass. I praksis er derfor også store havområder og mesteparten av Afrika uten dekning.

Fotavtrykket flytter seg med satellitten, det tar ca 15 minutter før det har passert et fast sted på jorden. Som regel er mellom to og fire satellitter synlige for en sluttbruker. Bruk av spredt spektrum-teknikk (CDMA) gjør det mulig å kombinere signaler via mer enn en satellitt, noe som forenkler overlevering mellom satellitter i løpet av en samtale. Kommunikasjonen mot sluttbrukeren foregår i L- og S-båndet på henholdsvis opplink og nedlink. Gatewayene og satellittene kommuniserer i C-båndet.

De fleste gatewayene eies og opereres av lokale tjenesteoperatører, men det siste året har Globalstar kjøpt tilbake en del av disse. Gatewayene knytter satellittnettverket til de landbaserte mobil- og telefoninettene. Hver gateway har tre eller fire antenner, slik at alle satellittene i sikte kan følges. Satellitter og gatewayer blir kontrollert fra hovedkvarteret i California.

Det finnes terminaler for bruk på land, i fly og på sjøen. De mobile telefonene på land er litt større enn vanlige mobiltelefoner, og kan også brukes i bakkebaserte mobilnett som GSM eller AMPS. For eksempel har både Netcom og Telenor Mobil inngått roamingavtale med Globalstar (24). Til flere av de mobile terminalene kan man kjøpe ekstrautstyr for bruk på båter, i biler eller helikoptre, for datatjenester samt solcelleladere. Det finnes også faste terminaler for montering på bygninger, båter, fly og helikoptre. Krypteringsenheter kan kobles til enkelte terminaltyper.

3.6.3 Tjenester

Globalstar tilbyr tale, data og SMS samt telefonsvarer, viderekobling, kontantkort og posisjonering. Ved å bruke en mobil telefon som et modem for en bærbar PC kan data overføres med en hastighet på 9,6 kbps. Enkelte faste terminaler kan gi opptil 56 kbps ved bruk av multikanalsteknologi.

3.6.4 Militær anvendelse

Trafikk fra Midt-Østen, både militær og sivil, økte kraftig etter at Globalstars tjenester ble tilgjengelige i Irak i midten av april 2003. Mens FN-sanksjonene mot Irak var gjeldende måtte Globalstar sperre for bruk av tjenestene innenfor Irak. Etter at disse ble opphevet var det der mesteparten av all trafikk ble generert, hovedsakelig av koalisjonsstyrkene, blant annet for å ringe hjem. Mye av telefonsystemet i Irak ble ødelagt under krigen, og Globalstar forventer en videre økning ettersom utenlandske selskaper vil oppsøke landet for å delta i oppbyggingen, slik det også skjedde i Afghanistan (25).

3.7 Orbcomm

3.7.1 Selskapet

Orbcomm var det andre selskapet som startet med kommersielle tjenester via lavbanesatelitter. Selskapet gikk konkurs og fikk nye eiere i 2001. De nye eierne er tjenestetilbydere i Europa og Asia og et par investeringsselskaper. Våren 2003 hadde Orbcomm rundt 50 000 aktive abonnenter (26).

3.7.2 System

Med 35 små satellitter i baner 825 kilometer over jorden gir systemet global dekning. Telefoni er ikke mulig, bare data med 2,4 og 4,8 kbps på henholdsvis opplink og nedlink.

Tolv jordstasjoner er plassert i USA, Sør-Amerika, Europa og Asia. For at en melding skal sendes må både brukerterminalen og en jordstasjon være i en satellitts dekningsområde. For høyere kostnader kan satellitten lagre meldingen inntil en gateway er innenfor dekning. Hvis ingen kanaler er ledige mens satellitten er i sikte, vil i utgangspunktet ingen kommunikasjon skje før neste satellitt kommer til syne. Systemet er såkalt ”store and forward”, og gjør at brukerne innimellom opplever forsinkelser.

Terminaler kan kjøpes fra flere leverandører, alle med integrert GPS-mottager, og de veier mindre enn 1 kg. De opererer med frekvenser i VHF-båndet, rundt 150 MHz.

3.7.3 Tjenester

Orbcomm tilbyr toveis lavrate datatjenester. Anvendelser er fjernmonitorering, flåtestyring og meldingstjenester. De kan for eksempel brukes til å overføre data fra ubemannede sensorer i felten eller holde oversikt over kjøretøy eller gods. Tjenester og terminaler tilbys utelukkende gjennom tjenestetilbydere.

3.7.4 Militær anvendelse

I 1998 bestilte det amerikanske forsvarsdepartementet 600 Orbcomm-terminaler for å kunne spore kjøretøy, med utsikt for å øke til 50 000 stykker (27).

3.8 ICO

3.8.1 Selskapet

ICO (Intermediate Circular Orbit) er et system med satellitter i mellomhøye baner utviklet av Inmarsat. De var også en av eierne da selskapet ble dannet i 1995. Systemet var planlagt å ha 10 aktive og to reservesatellitter fordelt i to baner 10 355 km over jorden.

Selskapet måtte søke om konkursbeskyttelse i 1999, før noen satellitter var skutt opp. Craig McCaw, en amerikansk telekomguru og milliardær som også grunnla Teledesic, ledet en investorgruppe som gikk inn med over en milliard dollar for å få kontroll i det nye selskapet. Tanken var å slå sammen New ICO og Teledesic, men dette ble avblåst. Tidligere i år kjøpte ICO seg inn Globalstar med 54 %. New ICO har hovedsete i London.

En satellitt ble ødelagt i en mislykket oppskyting i mars 2000. New ICO bestilte tre nye satellitter og fikk de 11 resterende modifisert. En ny oppskyting ble gjennomført i juni 2001, denne gangen vellykket. Det er ikke planlagt å skyte opp flere satellitter før i 2005, så ingen tjenester vil være tilgjengelige før det.

3.8.2 System

Satellittenes levetid vil være ca 12 år Hver satellitt vil dekke ca 25 % av jordas overflate, og mellom to og fire satellitter vil være synlig for brukere og jordstasjoner. Tolv gatewayer vil knytte satellittnett med de bakkebaserte nettene. Disse vil også være i forbindelse med hverandre. Seks av jordstasjonene benyttes for TT&C med forbindelser til kontrollsenteret i Storbritannia.

Satellittene vil kommunisere i C- og S-båndet, med henholdsvis jordstasjonene og mobilterminalene. ICO-terminalene vil være såkalt "dual-mode", slik at de kan brukes som konvensjonelle mobiltelefoner der bakkebaserte mobilnett er tilgjengelig. Selskapet ser også for seg at det vil finnes tilleggsutstyr som kan tilpasse eksisterende mobiletelefoner for ICO-systemet.

Tidligere i år ble ICOs søknad om å ta i bruk bakkebaserte repeaterer i USA godkjent. ICO ønsker å bruke sine frekvenser også i et bakkenett, spesielt i byer der satellittsignaler kan bli blokkert av høye bygninger (28).

3.8.3 Tjenester

I tillegg til tale satser ICO på å kunne tilby Internett- og datatjenester med hastigheter opp mot 144 kbps (29).

3.9 Andre systemer

Det finnes flere store aktører innenfor faste satellittjenester og kringkastingsom ikke er beskrevet nærmere her. Andre flåter av geostasjonære satellitter med global eller regional dekning er New Skies, SES Global, PanAmSat, Intersputnik, Arabsat og Asiasat.

Av de mange planlagte lav- og mellombanesystemene er det per i dag bare Iridium, Globalstar og Orbcomm som er realisert, men det virker fortsatt sannsynlig at også ICO etter hvert vil starte operasjon av sitt system. Systemer som Odyssey og Ellipso ble avblåst. Heller ingen av de globale systemene dedikert for bredbånds- og multimediatjenester er foreløpig operasjonelle. Riktignok finnes slike tjenester, men da realisert gjennom leid kapasitet på geostasjonære satellitter. Mange hundre satellitter skulle ha vært skutt opp for blant annet Teledesic, Astrolink og Skybridge, men de fleste systemene er lagt på is. Spaceway og EuroSkyWay ser fortsatt ut til å bli lansert i løpet av et par år, men som nedskalerte, regionale versjoner av de opprinnelige.

4 CIVIL SATELITTKOMMUNIKASJON TIL MILITÆRE FORMÅL

4.1 Motiv

De siste årene har det vært en trend at sivile satellitter i større grad tas i bruk til militær kommunikasjon. Det er flere årsaker til dette.

Utviklingen av et NbF i Norge er inspirert av konseptet ”Network-Centric Warfare” fra USA. Også i flere andre land foregår det en tilsvarende nytenkning når det gjelder gjennomføring av militære operasjoner. Tilgang til tidsriktig etterretnings- og overvåkingsinformasjon er sentralt, og behovet for kommunikasjon vil øke. Dette stiller krav til velutbygd infrastruktur for innhenting og fordeling av store mengder informasjon. Tilstrekkelig kapasitet er en forutsetning for konseptet. Satellittkommunikasjon kan ha fordeler i mobile operasjoner og i områder der bakkebaserte nett er fraværende.

Amerikanerne har kommet lengst når det gjelder digitalisering av slagmarken, det har de også vist i den siste krigen i Irak, der stridsvogner og kjøretøy på bakken og fly har hatt satellittforbindelser med kontrollrom og operasjonssentre. Men dette krever mye båndbredde, og det amerikanske forsvarets behov for kommunikasjon har tidoblet seg fra den første krigen i Irak til den andre. Spesielt videokonferanser og videooverføring fra ubemannede fly spiser mye kapasitet. Deres militære satellitter kan langt fra dekke behovet. I 1991-konflikten dekket de militære satellittene til Pentagon og NATO 85 % av kommunikasjonen, mens det i dag er de kommersielle satellittene som har den største delen av trafikken (30).

Kapasitetsbehovet varierer voldsomt med den politiske situasjonen, om det er fred, krise eller krig, og eventuelt størrelsen på operasjonene og antall parallelle operasjoner. For nasjoner som velger å ha egne militære satellitter tar det lang tid å avgjøre innkjøp av nye satellitter, designe, forhandle kontrakter og få bygget disse. Med et uforutsigbart behov er det vanskelig å planlegge og sørge for tilstrekkelig med kapasitet flere år i forveien. I tillegg vil det være kostbart å dimensjonere en militær satellittflåte for mulige trafikktopper og sitte på mye overflødig kapasitet ellers. Det amerikanske forsvarsdepartementet startet flere programmer på nittitallet,

som ”the Commercial Satellite Communications Initiative” og ”Global Broadcast System”, for å se på hvordan kommersielle satellitter kan tas i bruk for slike oppgaver på en kostnadseffektiv måte.

Nasjoner som ikke har egne militære satellitter, som Norge, kan få tilgang til militære satellitter i operasjoner med NATO eller allierte, som USA og Storbritannia. Til nasjonale oppgaver synes generelt sivile satellittsystemer å være løsningen. NATO-medlemmer har ikke nødvendigvis tilgang til NATOs satellitter til slike oppgaver. Et alternativ er å leie kapasitet hos en av våre allierte

4.2 Mulige løsninger og eksempler

4.2.1 Eie en militær satellitt

Ved kjøp av en militær satellitt fås de tekniske og operasjonelle egenskapene som er ønskelig for militær bruk. Forsvaret vil selv kontrollere all kapasitet, og kan reallokere stråler og kapasitet etter behov og til og med flytte satellitten hvis flere posisjoner er disponible. Kontroll av satellitten vil gjøres av Forsvaret selv, eller muligens settes ut til en tredjepart. Uansett vil det være gode muligheter for å stille betingelser for sikker drift etter militær standard. En slik løsning krever en tildelt baneposisjon og frekvenser.

USA og Storbritannia har tradisjonelt hatt egne militære satellitter og kontrollert disse selv, og Italia fikk sin første militære satellitt SICRAL i 2001. Med Skynet 5-programmet har det britiske forsvarsdepartementet endret strategi, ved å sette ut bygging, operasjon og administrasjon av satellittene til et tredje selskap, Paradigm Secure Communications, for å forsyne britiske styrker med sikre satellittkommunikasjonstjenester i 15 år fra 2005. Kontrakten innebærer også at Paradigm skal leie ut overflødig kapasitet til andre statlige organer eller allierte, samt overta driften av Skynet 4 –satellittene (31).

4.2.2 Eie militær nyttelast på en kommersiell satellitt

Det er ikke uvanlig at forsvaret i et land deler en satellitt med et kommersielt selskap, det vil si at nyttelasten består av både en militær og en kommersiell del. Dette er tilfellet blant annet i Spania og Frankrike. De franske kommunikasjonssatellittene Telecom/Syracuse har vært og er delt mellom France Telecom og det franske forsvarset, mens operasjon av satellitten foregår ved det franske romfartsbyrået CNES i Toulouse av ansatte i Alcatel Space. Denne modellen har det franske forsvarset gått bort fra med den siste Syracuse 3, som blir en satellitt med kun militær nyttelast. Denne vil være i bruk fra begynnelsen av 2004, og CNES vil operere også denne. En av årsakene er større usikkerhet i forhold til samarbeidspartneren France Telecom etter privatiseringen av dette selskapet. Statlige innkjøpsregler i Frankrike hindrer ordninger som det britiske Skynet 5-programmet.

4.2.3 Leie kapasitet på en militær satellitt

Tyskland, Frankrike og Storbritannia skulle opprinnelig samarbeide om et militært satellittprogram Trimilsat, men Storbritannia trakk seg og gikk i stedet for et nasjonalt prosjekt. Siden fikk Tyskland problemer med finansieringen, og Frankrike bestemte seg for Syracuse 3. Tyskland har derimot gjort en avtale med Frankrike om leie av kapasitet på den nye militære

satellitten. Det har også Spania og Belgia gjort (32).

4.2.4 Leie en kommersiell satellitt

Å leie en hel kommersiell satellitt i bane gir rask tilgang til kapasitet, frekvenser og baneposisjon i forhold til å anskaffe en, og vil typisk være en langsiktig avtale. Som eneste kunde gir det kontroll over hele nyttelasten, og for en avansert satellitt innebærer dette også muligheten til å reallokere kapasitet mellom stråler og flytte på styrbare antenner. Selve satellitten kan også flyttes hvis en annen posisjon er tilgjengelig, men det vil forkorte satellittens levetid på grunn av den ekstra mengden med drivstoff som forbrukes. En leid satellitt kan bli operert av den militære organisasjonen, kanskje spesielt i et land der landets forsvar også har egne militære satellitter, men mest sannsynlig vil satellitteieren gjøre dette etter militære føringer i forhold til sikkerhet etc.

4.2.5 Leie fast kapasitet på en kommersiell satellitt

Mer vanlig er det nok å leie en viss kapasitet på kommersielle satellitter, i form av fast båndbredde eller faste transpondere. Hvis det er teknisk mulig kan det være avtalt om det skal være mulig å skifte mellom stråler eller flytte på antenna. Også prioritet i forhold til andre kunder er viktig hvis for eksempel noen av transponderne slutter å virke. Slike avtaler kan inngås på kort og lang sikt, og kan være nyttig for å øke kapasiteten over bestemte områder i spesielle situasjoner, for eksempel ved en fredsoperasjon eller en krig. Pris for en gitt kapasitet vil variere med langsiktigheten i avtalen og prioritet som kunde. Det amerikanske forsvaret leier kapasitet på blant annet Intelsat, PanAmSat, Inmarsat og Eutelsat (30). Amerikanerne kontrollerer trafikken i leide transpondere selv via to fasiliteter, Bandwidth Management Centers, i USA og Tyskland.

For behov lengre frem i tid enn ca et halvt år kan det inngås langsiktige avtaler med de kommersielle operatørene for ledig kapasitet på eksisterende og nye satellitter som snart skal skytes opp. For behov umiddelbart eller et par måneder fram i tid må kapasitet kjøpes på spotmarkedet. Denne kapasiteten er ofte mer varierende og kostbar.

4.2.6 Abonnere på tjenester

”Bandwidth on-demand” (BOD) er tjenester som kan være kostnadseffektive for brukere med varierende behov for satellittkommunikasjon. I et nettverk av flere satellitter, gatewayer med forbindelse til Internett og telefonnett og VSAT-terminaler kan båndbredde reallokeres, økes eller flyttes etter behov på forespørsel. Leverandøren kan ha egne satellitter eller videreselge kapasitet fra andre operatører, og vil styre trafikken. Kunden betaler for båndbredden som er brukt. Den amerikanske hæren benyttet tjenesten DemandNet fra Hughes Global Services til telemedisin ved militær sykehus i Bosnia (33). Et problem kan være at mesteparten av kapasiteten på satellitter tradisjonelt har blitt solgt under langtidskontrakter, men det kan hende det skjer en dreining dersom etterspørselen for BOD-tjenester øker.

Ved bruk av personlige satellitttjenester, for eksempel fra Iridium, Globalstar eller Inmarsat, betaler brukeren for tiden som er brukt i samtaler og dataoverføringer eller eventuelt for datavolumet som er overført. I denne kategorien hører også framtidige dedikerte bredbåndssystemer, som Spaceway og EuroSkyWay.

4.3 Betraktninger ved bruk av kommersielle satellitter

4.3.1 Kapasitet og dekning

Det vil være en fordel å kjøpe tjenester fra en operatør som kan tilby kapasitet på noen av de internasjonale flåtene av satellitter med dekning over hele verden, enten som eier, medeier eller via leieavtaler. Slike store aktører har gjerne avanserte satellitter som kan gi større fleksibilitet i dekningsområdet ved å flytte på antenner og reallokere kapasitet mellom stråler. Intelsat har gjort dette for å øke kapasiteten for amerikanske styrker ved flere operasjoner, blant annet Operation Desert Storm. Det har også vist seg at slike selskaper kan sette inn ekstra kapasitet i utsatte områder fra reservesatellitter, som Inmarsat gjorde i forbindelse med den siste Irak-krigen. Ikke minst har disse sørget for at de nødvendige landingsrettighetene er på plass for land som er dekket av deres satellitter. Landingsrettigheter gir tillatelse til å bringe terminalutstyret inn i et land og motta og sende signaler til og fra disse.

Hvis en avtale inngås på kort varsel kan en regional eller nasjonal operatør være like gunstig, fordi området hvor det er økt behov for kapasitet er kjent og begrenset. Under operasjonen i Somalia i 1992-94 måtte amerikanerne leie kapasitet på russiske kommersielle satellitter fordi deres egne militære og kommersielle satellitter ikke hadde dekning i området (34).

Geostasjonære satellitter dekker ikke polare områder. Ved 70. breddegrad er retningen mot en geostasjonær satellitt ca 10° over horisonten, og desto lenger nord man befinner seg jo mer svekkes signalene i atmosfæren. Høye fjell vil også i større grad skygge for satellitten. Dette innvirker på satellittkommunikasjon i Nord-Norge og på Svalbard. Problemer med satellittkommunikasjon i nordlige områder er tidligere diskutert i (1). Lavbanesystemet Iridium er det eneste systemet som har full global dekning, også over polområdene, men kun med smalbåndstjenester.

4.3.2 Tilgjengelighet og kontroll

Satellittindustrien er internasjonal. Mange av de store aktørene var opprinnelig partnerskap med mange medlemsland, slik som Intelsat, Inmarsat og Eutelsat, men er nå privatiserte. Disse selskapene har fortsatt eiere i mange land. For ulike nasjonale aktører bidrar privatisering av de nasjonale telekomselskapene til den samme trenden. Av de mange planlagte lavbanesystemene var det få som faktisk ble realisert, og disse har alle blitt restrukturert og fått nye eiere. I et slikt marked med internasjonale og skiftende eiere, sammenslåinger, konkurser og oppkjøp kan det ved inngåelse av langsiktige kontrakter være vanskelig å forutsi hva som vil skje ved framtidige konflikter eller kriser.

Et annet problem som kan oppstå er at trafikken i kriserammede områder eller konfliktområder som tiltrekker seg et stort antall militære, personell fra hjelpeorganisasjoner og journalister, kan sprengte kapasiteten i regionen. De personlige satellittsystemene prioriterer ikke enkelte brukere framfor andre.

Ved bruk av sivile satellitter er det satellittoperatøren som vil ha full kontroll over de fleste komponentene, det vil si satellitten, TT&C-linkene og kontrollsenteret. Ofte vil det også være satellittoperatøren eller en tredjepart som styrer nettverket og kapasitet, formidler trafikk via gatewayer og huber og leverer løsninger med tjenester, jordstasjoner og terminaler.

4.3.3 Sårbarhet og sikkerhet

Tradisjonelt har ikke militær kommunikasjon utgjort noen stor del av den totale trafikken på sivile satellitter, og har ikke hatt stor innflytelse på sikkerheten i alle delene av systemet. På kommunikasjonsdelen vil Forsvaret som kunde ha større muligheter til å komme med innspill i forhold til sikkerhet og spesielle behov, og vil ha store muligheter til å redusere risiko ved å sikre kommunikasjonslinker og egne jordstasjoner. Økt bruk av kommersielle satellitter i militær sammenheng øker faren for angrep på disse systemene ved konflikter.

Alt utstyr på bakken kan i teorien utsettes for sabotasje, dette gjelder antenner og bakkeutstyr for kontroll, telemetri og kommunikasjon, kontrollsenter og forbindelser mellom disse. Som regel er det kjent hvor slike anlegg ligger, så fysisk sikring og bevoktning er viktig. Andre tiltak er sikkerhetsklarering av ansatte som har tilgang til systemene. Tilsvarende må de militære beskytte egne anlegg og utstyr, men dette vil gjerne befinne seg på militært område med i utgangspunktet gode rutiner.

Fysiske angrep på satellitter, for eksempel ved hjelp av anti-satellitter, er lite sannsynlig. Dette krever avansert teknologi drevet fram av stormakter som USA, Russland og Kina, og ligger sannsynligvis noen år fram i tid. Men amerikanerne tar dette på alvor, fordi det i så stor grad vil ramme dem selv. For eksempel vil en kjerneeksplosjon i stor høyde ramme lavbanesatellittene. I tillegg til en kraftig elektromagnetisk puls vil jordas magnetfelt akselerere kjernepartikler og utsette satellittene for en mye større stråling enn de er designet for å tåle.

Logiske angrep er absolutt en reell trussel, og fysisk og logisk sikring av datanettverket er viktig. I 1999 ble det rapportert at hackere hadde kommet seg inn på forbindelsen mellom kontrollrommet og kontrollstasjonen til en av de britiske militære satellittene, men det britiske forsvarsdepartementet benektet dette. Men for sivile satellittsystemer er slike scenarier ikke utenkelige, og det amerikanske forsvarsdepartementet foretrekker å leie kapasitet på kommersielle satellitter med krypterte kommando og kontroll opplinker.

Jamming er den største trusselen for kommersiell satellittkommunikasjon. I prinsippet går det ut på å forstyrre signalene med støy, og både opp- og nedlink og intersatellittlinker kan utsettes for jamming. Det siste er komplisert og derfor lite sannsynlig. Det er heller ikke mange kommersielle systemer som foreløpig har dette, bortsett fra Iridium.

Opplink-jamming kan kjøre en transponder på satellitten i metning ved å sende støy med høy nok effekt i transponderens frekvensbånd. På den annen side vil høy effekt gjøre det enklere å lokalisere støykilden og ødelegge den. Hvis derimot jammeren sender på lavere effekt og periodevis, vil det degradere kvaliteten på de andre signalene, men kanskje ikke bli oppfattet som jamming, men som andre problemer med satellitten eller bakkeutstyr. Jammeren må befinne seg innenfor satellittens dekningsområde, som for geostasjonære satellitter vil utgjøre store områder. Senest i juli 2003 beskyldte amerikanske myndigheter Cuba for å jamme en amerikansk kommersiell satellitt. Det var iranske TV-sendinger fra eksil-iranere i USA som effektivt ble stoppet, og myndighetene på Cuba var mistenkt for å utføre jammingen på oppdrag fra Iran. Cuba nektet for dette, og etter en måneds tid hadde de lokalisert og stoppet støykilden plassert hos en iransk diplomat-fasilitet i Havana (35). Et annet kjent tilfelle fant sted i 1997, da Indonesia med vilje jammet en kommersiell satellitt som tilhørte Tonga, på grunn av en krangel

om hvem som hadde krav på baneposisjonen. Indonesia nektet å godta tildelingen som var gjort av ITU (34).

Satellitter med ombord-svitsjing er mindre sårbare for opplink-jamming. Også lavbanesatellitter er mindre utsatt for slik jamming, fordi det er mer komplisert. Ofte er flere satellitter synlige for brukerne, slik at det kan være nødvendig med flere jammere som kan følge satellittene når de beveger seg over himmelen. Nedlink-jamming krever lavere effekt og kan ramme alt fra anlegg med faste jordstasjoner til håndholdte brukerterminaler, men har begrenset geografisk rekkevidde. Spredt-spektrum teknikk er vanlig i militær satellittkommunikasjon, fordi det er mindre sårbart for jamming. Dette brukes også i Globalstar-systemet.

Utstyr kan brukes hos sender og mottager for å kryptere data som skal kommuniseres. Det beskytter mot avlytting og hindrer manipulering av innholdet. Det finnes terminaler for Iridium, Inmarsat og Globalstar som er kompatible med slike enheter.

I tillegg kommer uforsettlige farer som satellitter og bakkeutstyr kan utsettes for. Partikkelstråling, kollisjoner med romsøppel eller svikt i utstyr om bord kan begrense levetiden eller kapasiteten til en satellitt, eller i verste fall være fatalt. Mye på satellitten er redundant, så graden av alvorlighet vil avhenge av skaden. Det er viktig at satellittoperatøren har reservekapasitet på andre egne satellitter eller via avtale med andre operatører. Tilsvarende på bakken kan flom, brann, storm, strømbrudd og tilsvarende hendelser være kritisk, og kan sette hele systemet ut av spill hvis kontrollrom, kontrollstasjoner eller forbindelsene mellom disse rammes. Satellittoperatører har backup-fasiliteter plassert andre steder og prosedyrer for å overføre kontrollen til disse, slik at det skal mye til for at kontrollen over satellittene mistes på denne måten. Hvis derimot kommunikasjonsutstyr rammes kan alt eller deler av kommunikasjonen opphøre inntil nytt utstyr er satt opp.

5 KONKLUSJON

I et NbF skal militære kapasiteter knyttes sammen ved hjelp av informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Ideen er at et informasjonsfortrinn kan oppnås ved å opprettholde og distribuere et oppdatert situasjonsbilde, og at det vil gi en bedre stridsevne. En forutsetning for konseptet er tilstrekkelig kapasitet, og en mobil struktur vil være viktig. Satellittkommunikasjon kan være en del av en slik informasjonsinfrastruktur.

I det amerikanske forsvaret går en økende andel av kommunikasjonen via kommersielle satellitter. Dette er en tydelig trend i de seneste krigene i Afghanistan og Irak sammenlignet med Operation Desert Storm i 1991. Hovedårsaken er et større behov for kapasitet enn det som kan dekkes av de militære satellittene.

Sivile satellitter kan tilby ekstra kapasitet utover de militære kommunikasjonssystemene og kan brukes ved store trafikktopper og som backup hvis andre systemer faller bort. For norske styrker kan sivile systemer være det eneste reelle alternativet for satellittkommunikasjon, fordi Forsvaret ikke nødvendigvis har tilgang til militære satellitter. Eksempelvis kan det være for å kommunisere med norske styrker i områder der bakkebasert infrastruktur er lite utbygd eller mellom mobile enheter hvis de militære radiosystemene er uegnet.

Store internasjonale aktører som Intelsat, Inmarsat og Eutelsat var opprinnelig internasjonale organisasjoner, men har i løpet av de siste årene blitt private selskaper. Det samme har skjedd med mange regionale operatører som tidligere var nasjonale statlige telekomselskaper. Eierskapet er gjerne fordelt på selskaper fra mange land, og det endres stadig med oppkjøp og salg av aksjeandeler. Satellittflåtene fornyes med mer avanserte satellitter som har større effekt og fleksibilitet i forhold til dekning og kapasitet. Det muliggjør mindre antenner og større båndbredde for brukerne. Av de mange planlagte globale systemene for personlige satellittjenester har kun Iridium, Globalstar og Orbcomm blitt realisert så langt, mens ICO virker å ha kommet langt på vei. Samtlige har gjennomgått konkurser og restruktureringer, men framstår nå som mer økonomisk robuste.

Sivile satellittkommunikasjonssystemer er ikke designet for militær bruk og er derfor mer sårbare overfor trusler som fysiske og elektroniske angrep, jamming og avlytting. Noen grep kan gjøres for å bedre sikkerheten, som bruk av krypteringsenheter i begge ender og økt sikring av bakkesegmentet fra operatørens side. En bevissthet i forhold til mulige trusler er viktig både hos brukerne og satellittoperatøren.

Mange militære operasjoner skjer ikke i krig, og truslene er derfor ikke så aktuelle eller relevante. For eksempel i en fredsbevarende operasjon kan sivil satellittkommunikasjon være egnet. Men også i en krigssituasjon er det kommunikasjon som ikke er så kritisk, som personaltjenester og telemedisin. Vurderinger må gjøres av hvilke tilfeller et lavere nivå på sikkerhet og kontroll er akseptabelt.

Flere faktorer enn pris og tjenester er viktig i valget av sivile operatører. Først og fremst er dekningsområdet i det aktuelle området avgjørende, men også operatørens reservekapasitet og sikring av kontrollinkene og bakkesegmentet bør spille en rolle. Før langsiktige avtaler inngås eller store investeringer i utstyr gjøres bør eierskapet til selskapet og dets finansielle status vurderes. En tjenestetilbyder kan som regel tilby kapasitet via flere satellittsystemer, som gir fleksibilitet i forhold til dekningsområder og større robusthet i forhold til trusler.

Litteratur

- (1) Arneson V, Farsund B H (2000): Taktisk satellittkommunikasjon, FFI/RAPPORT-2000/03466, Forsvarets forskningsinstitutt, Ugradert.
- (2) Arneson V (1998): En oversikt over noen satellittkommunikasjonssystemer, FFI/RAPPORT-98/04497, Forsvarets forskningsinstitutt, Ugradert.
- (3) Stette G (2001): Romteknologi og satellitteknikk, kapittel 1.1.1, Nasjonalt senter for romrelatert opplæring, http://www.romteknologi.no/view_html?b=36
- (4) Wood L (2000): Lloyd's satellite constellations, <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/constellations/tables/overview.html#alt>
- (5) Stette G (2001): Romteknologi og satellitteknikk, kapittel 4.4.2, Nasjonalt senter for romrelatert opplæring, http://www.romteknologi.no/view_html?b=36
- (6) Telenor (2003): Thor satellites – Information provided by Telenor Space Systems Division, Picture gallery, <http://www.thor-satellites.com/index.php?click0=4&sel0=4&>
- (7) Telenor ASA (2003): Annual Report 2002, http://www.telenor.com/reports/2002/form20f_2002.pdf
- (8) Telenor Satellite Networks (2003): Mobile Communications Centre, http://www.telenorsat.com/intsatcom/mobile_communication.shtml
- (9) Telenor Satellite Networks (2001): Press Releases, http://www.telenorsat.com/intsatcom/press_releases.shtml
- (10) Intelsat (2003): <http://www.intelsat.com/company/history.asp>
- (11) Benjamin M (2001): "Can Conny Kullman Save Telecom?", Washington Business Forward, oktober 2001, <http://www.bizforward.com/wdc/issues/2001-10/connykullman/>
- (12) Intelsat (2003): "Intelsat Sharpens Focus on Three Growing Customer Segments", pressemelding 14. mars 2003, <http://www.intelsat.com/news/releases/press/2003-14.asp>
- (13) Forrester C (2003): "Good war, bad war", Satmagazine.com, mai 2003, <http://www.satmagazine.com/may2003/satmagazine-may2003.pdf>
- (14) Pasztor A (2003): "France's Eutelsat Hits Jackpot With U.S. Satellite Contracts - Rival PanAmSat Complains About Deal Providing Service for Military Operations", Wall Street Journal, http://www.sia.org/agenda/homeland_security/articles/WSJ%20-%20Eutelsat%20hits%20Jackpot.pdf
- (15) Inmarsat (2003): "Enhanced high-speed data capacity over the Middle East", pressemelding 18. mars 2003, www.inmarsat.com/news_story.cfm?id=279
- (16) SPACEandTECH Digest (2001): "Iridium Ownership Revealed", 9. april 2001, www.spaceandtech.com/digest/sd2001-14/sd2001-14-007.shtml
- (17) Iridium (2003): "Iridium Satellite LLC Estimates Constellation Life Span To Extend Well Beyond Original Predictions", nyhetsarkiv 26. februar 2003, www.iridium.com/corp/iri_corp-news.asp?newsid=54

- (18) Farah J (2001): "Do bin Ladens benefit financially from attack? Iridium phones suddenly in high demand for rescue efforts", WorldNetDaily 17. September 2001, http://www.worldnetdaily.com/news/article.asp?ARTICLE_ID=24519
- (19) USA Today (2001): "Attacks place satellite-based phones in demand", 13. september 2001, www.usatoday.com/news/nation/2001/09/13/satellite-phones.htm
- (20) DISA (2003): Enhanced Mobile Satellite Services (EMMS), www.disa.mil/ns/specialcomms/emms.html
- (21) Iridium (2003): "Iridium Gains Some Respect – Mesa Tribune", nyhetsarkiv 14. april 2003, www.iridium.com/corp/iri_corp-news.asp?newsid=58
- (22) Marine Corps Systems Command Liaison Team (2003): "Field Report – Central Iraq, 20 April to 25 April 2003", www.sftt.org/PDF/article05122003a.pdf
- (23) Globalstar (2003): "Globalstar Reports Results For First Quarter of 2003", pressemelding 15. mai 2003, http://www.globalstar.com/view_pr.jsp?id=337
- (24) GSM Association (2003): http://www.gsmworld.com/roaming/gsminfo/cou_no.shtml
- (25) Globalstar (2003): "Satellite Telephones Assist In Rebuilding Of Iraq", pressemelding 17. juni 2003, http://www.globalstar.com/view_pr.jsp?id=338
- (26) AST/COMSTAC (2003): 2003 Commercial Space Transportation Forecast, s. 42, mai 2003, http://ast.faa.gov/files/pdf/Forecast_05-19-03.pdf
- (27) Foley T (1998): Commercial Spacefarers, Air Force Magazine Online, Vol. 81, No. 12, desember 1998, <http://www.afa.org/magazine/Dec1998/1298space.asp>
- (28) Quale J. og Weimer B. (2003): "FCC authorizes ancillary terrestrial use", ViaSatellite.com, <http://www.telecomweb.com/satellite/viasatellite/current/exclusive8.htm>
- (29) New ICO (2003): The New ICO system, <http://www.ico.com/overview/index.htm>
- (30) Bridges A (2003): "Pentagon Turns to Commercial Satellites to Ease Wartime Data Squeeze", Associated Press, 28. mars 2003, <http://www.govtech.net/news/news.phtml?docid=2003.03.28-45152>
- (31) Jane's (2003): Skynet satellite communications system, Jane's Military Communications 2004-2005, Jane's Defence Equipment Library
- (32) Thomas B (2001): "French defence – Syracuse 3 a new generation of military satellites", CNES Magazine May 2001, http://www.cnes.fr/espace_pro/cnesmag/mag12_en/Partenaire.pdf
- (33) Slabodkin G (1998): "VSATs supply global sky links - Satellite service gives Army a jump on bandwidth for telemedicine programs", Government Computer News, 23. februar 1998, <http://www.gcn.com/archives/gcn/1998/February23/dod.htm>
- (34) United States General Accounting Office (2002): Critical Infrastructure Protection: Commercial Satellite Security Should Be More Fully Addressed, august 2002, <http://www.gao.gov/new.items/d02781.pdf>

- (35) Iran Press Service (2003): “Is Cuba about divorcing Iranian ayatollahs for Bush?”, 21. august 2003, http://www.iran-press-service.com/articles_2003/Aug-2003/satellite_jamming_21803.html

Forkortelser

| | |
|----------|---|
| AMPS | Advanced Mobile Phone System |
| BGAN | Broadband Global Area Network |
| BOD | Bandwidth On-Demand |
| CDMA | Code Division Multiple Access |
| DAMA | Demand Assigned Multiple Access |
| DoD | Department of Defense |
| EHF | Extremely High Frequency |
| EMSS | Enhanced Mobile Satellite Services |
| FDMA | Frequency Division Multiple Access |
| FN | De forente nasjoner |
| GAN | Global Area Network |
| GEO | Geostationary Earth Orbit |
| GPS | Global Positioning System |
| GSM | Global System for Mobile communications |
| ICO | Intermediate Circular Orbit |
| Inmarsat | The International Mobile Satellite Organization |
| ITU | International Telecommunication Union |
| LEO | Low Earth Orbit |
| MEO | Medium Earth Orbit |
| NATO | North Atlantic Treaty Organisation |
| NbF | Nettverksbasert Forsvar |
| NCS | Network Control Station |
| R-BGAN | Regional Broadband Global Area Network |
| S-ALOHA | Slotted ALOHA |
| SHF | Super High Frequency |
| SMS | Short Message Service |
| TDMA | Time Division Multiple Access |
| TT&C | Telemetry, Tracking and Command |
| UHF | Ultra High Frequency |
| UNICEF | United Nations Children’s Fund |
| VHF | Very High Frequency |
| VSAT | Very Small Aperture Terminal |