

Tämä oli jäänyt
paperien sekaan 18.1.83

- Tiedoksi Lausuntoa varten Viitaten keskusteluun Liitteellinen Edellisen toimittamaksi
- Käsiteltäväksi Tarkastettavaksi Viitaten kirjeeseen Pyydetään palauttamaan Palauttamaan
- Hyväksyttäväksi Allekirjoitettavaksi Ei kuulu meille Ottakaa yhteys Jää haltuunne

Vastaanottaja

Moi ?

Liitteitä kpl

19

Allekirjoitus

VÄISKI
OH2LX

PARASTA LAITTAAN TÄMÄ AURORA-
JUTTU NYT LEHTEEN.
KOITAN KEHITELLÄ JOTAKIN
UUTTA MYÖHEMMIN LOMIEN
JÄLKEEN...

Z3

Tarkka satelliittinavigointi

Sputnik- ja Explorer I -havaintojen innoittamana ja kyllästyneenä sukellusvenelaivaston navigointivaikeuksiin USA:n laivasto ryhtyi 1950-luvun lopulla suunnittelemaan satelliittien käyttämistä paikantamiseen.

Ballistisia ohjuksia kuljettavat sukellusveneet käyttivät navigointiin lähinnä inertialaitteita, joita kiusasi järjestelmälle ominainen, ajan mukana kasvava virhe. Uusi järjestelmä kehitettiin varsin nopeasti, ja oheisessa taulukossa on lueteltuna ensimmäisten Transit-satelliittien laukaisut.

Vuoteen 1970 mennessä oli radoilleen lauottu kaikkiaan jo 19 Transit-satelliittia. Vaikka monet ensimmäisistä olivat lyhytikäisiä (1-A toimi 20 minuutin ajan), eräät satelliiteista ovat olleet toimintakelpoisia yli kymmenen vuoden ajan.

Transit (NNSS)-järjestelmä vapautettiin siviilikäyttöön

● Navigoinnin perustana olevat satelliitit on lähetetty paikoilleen vuoteen 1991 mennessä. Vastaanotinten hinnat halpenevat, satelliittinavigointi yleistyy maantiilikenteessä, yleisilmailussa, pitkän matkan ilmaliikenteen tukijärjestelmänä... Tehokas ja tarkka paikantamisen perustuu mielettömän tarkan tuntuviseen ajanmittaukseen.

vuonna 1967, ja käytössä olevien (laiva-) laitteistojen määrän on arveltu lähentelevän sataa tuhatta. Valitettavasti Transitissa käytetty dopplermittausmenetelmä on ilmaaluskäyttöön aivan liian hidas.

Tarkkuus riippuu kellosta

Satelliittijärjestelmässä saavutettava paikannustarkkuus on suuresti riippuvainen satelliittien mukanaan kuljettamien kellojen ajan tarkkuudesta, ja niiden perusoskillaattoreissa siirryttiin jo 1960- ja 1970-luvuilla "kivikaudesta" atomikauteen. Kesällä 1974 radalleen lähetetty NTS 1 -satelliitti kuljetti kidekellon lisäksi mukanaan myös rubidiumoskillaattoria ja 1977 lähetetty NTS 2 vieläkin tarkempaa cesiumoskillaattoria.

USA:n laivaston tukemat Transit- ja Timation-ohjelmat

sekä ilmavoimien 621B-ohjelma yhdistettiin huhtikuussa 1973 globaaliseksi satelliittinavigointiohjelmaksi, jossa järjestelmän nimeksi tuli Navstar Global Positioning System (GPS). Navstar = Navigation System with Time And Ranging.

GPS Navstar -navigointijärjestelmä

Lyhyesti kuvattuna GPS Navstar tulee käsittämään 18 satelliittia (yynnä varasatelliitit) kuudella 55° kallistetulla radalla, joiden korkeus maasta on 20 190 km (12 h kiertoaika), järjestelmä on siis geosynkroninen.

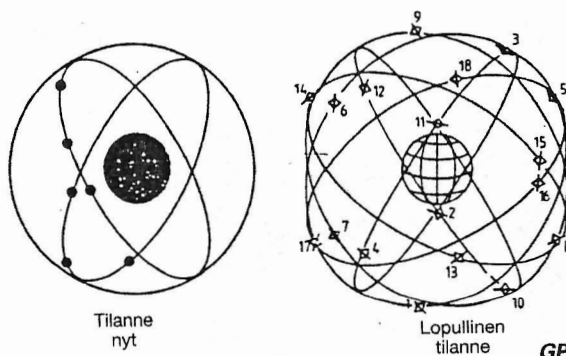
Paikan ja ajan määrittämiseen tarvitaan neljä satelliittia. Jos käyttäjällä on GPS-aikaan tarkasti synkronoitu kello, riittää kolme satelliittia. Satelliitit lähettävät kahdella taajuudella $L_1 = 1575.42$ MHz (154×10.23 MHz), $L_2 = 1227.60$ MHz (120×10.23 MHz).

Signaalit moduloidaan nk. valemurmelilla (pseudorandom noise coding), joita on kahta tyyppiä: erittäin tarkan paikannuksen mahdollistava P-koodi (PPS) taajuuksilla L_1 ja L_2 sekä yleiseen käyttöön tarkoitettu C/A-koodi (SPS) taajuuksilla L_1 . Satelliittien signaaleihin sisältyy myös dataa, josta saadaan navigoinnissa välttämätöntä rata- ym. tietoutta suuret määrät.

Paikan määrittäminen perustuu käyttäjän oman kellon mukaan mitattuihin pseudo- eli vale-etäisyyksiin. Mittaamalla etäisyys neljään eri satelliittiin saadaan myös käyttäjän ajalle korjaus. Neljästä mitatusta aikamerkkiviiveestä sekä efemerididatasta vastaanottimen tietokone laskee alukselle sijainnin kolmiulotteisesti, nopeusvektorin sekä oikean GPS-ajan.

GPS Navstar on eräs niistä harvoista insinööritieteiden käytännön sovellutuksista, joissa on otettava huomioon erityisen suhteellisuusteorian ennustama aikadilatatio. 4 km/s nopeudella radallaan liikkuvassa satelliitissa oleva kello jää sen mukaan jälkeen noin 350 nanosekuntia tunnissa, mikä puolestaan aiheuttaa 100 m tunnissa suurenevan paikkavirheen.

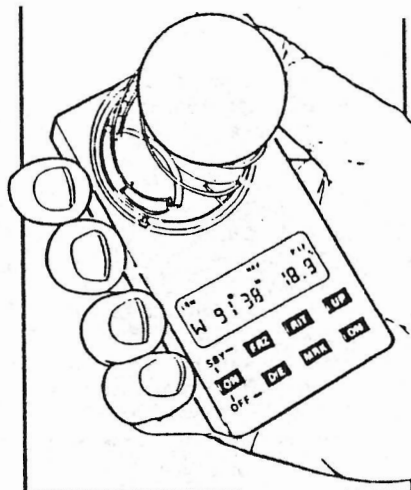
Aikadilatation aiheuttaman virheen kompensoi tässä kuitenkin yleisen suhteelli-



Tilanne nyt

Lopullinen tilanne

GPS- satelliitteja radoillaan. Vasemmalla tämänhetken tilanne, oikealla lopullinen.



Miltein pankkikortin kokoon on saatu kutistettua tämä jalankulkijan GPS-vastaanotin. Satelliitinavigointijärjestelmä tulee mullistamaan paikantamisen ilmailussakin.

suusteorian mukainen, gravi- taatiokentän pienenemisestä johtuva kellon nopeutuminen, joka on edelliseen virheeseen nähden jopa viisinkertainen. Eli satelliitissa oleva kello kävisi liian *nopeasti*, ellei satelliitin 10.23 MHz perusoskillaattorin taajuus säädettäisi 0.00455 Hz liian matalaksi.

Tilanne keväällä 1988

Käytettävissä on taulukossa al-

leviivatut kuusi "Block 1" Navstar -satelliittia, jotka eivät esim. Suomessa yleensä vielä riitä paikannukseen. Navigointivastaanottimia on monenkin firman luetteloissa, mutta kaikille malleille ei ole kysyttäessä löytynyt vahvistettuja hintoja.

Aikamerkkien vertailuun käytettävän GPS-vastaanottimen hinta on ollut luokkaa 100 000 mk, ja viikottaisten

bulletiinien mukaan vertailujen tarkkuus on parempi kuin 50 nanosekuntia (joka vastaa matkassa 15 metriä). Erilaisia satelliittien toimintahäiriöitä on esiintynyt, kuten uusissa järjestelmissä yleensäkin.

GPS tulossa pienkoneisiin ja inertian tueksi

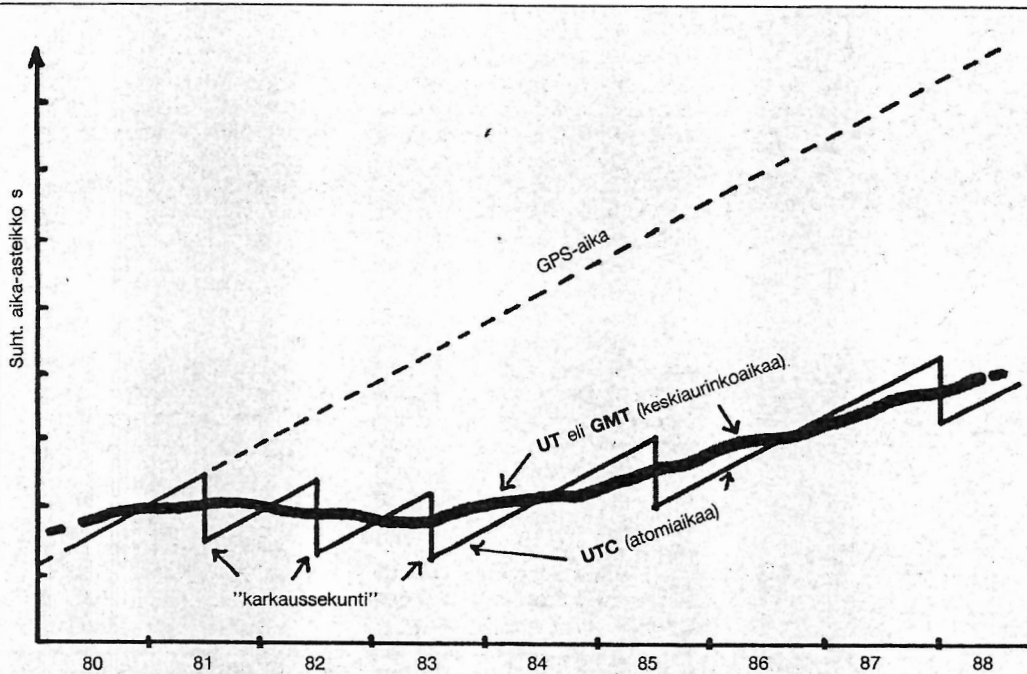
Kuten Omega aikoinaan,

myös GPS on alkuperäisestä aikataulustaan useita vuosia jäljessä. Rockwell-yhtiön satelliittien valmistusaikataulu lienee ajassaan (28 satelliitin budjetti oli 1.2 miljardia dollaria). Sukkulaonnettomuus tammikuussa 1986 vaikutti aivan ratkaisevasti myös GPS:n aikatauluun.

Sukkulaohjelmien tekniset vaikeudet ovat jatkuneet, ja Discoveryn kesäkuuksi suunniteltu lento on jouduttu siirtämään myöhempään ajankohdtaan. NASA joutuu jättämään tämän ja ensi vuoden ohjelmista pois kokonaan yhden tai useampia sukkulalentoja, jotta Venus- ja Jupiter-luotaimet saadaan ensi vuonna suunnitelmien mukaan avaruuteen.

Tarkoitus lienee lähettää 843 kg painavia Navstar "Block 2" satelliitteja radoilleen modifioituilla Delta-raketeilla seuraavasti: lokakuussa 1988, tammikuussa 1989, kesäkuussa 1989 ja heinäkuussa 1989 kaksi aina kerrallaan (yhteensä kahdeksan). Optimisimpien arvioiden mukaan kaikki 21 satelliittia olisivat sukkulavaikeuksista huolimatta paikoillaan vuoden 1991 loppuun mennessä.

Vastaanottimien hintojen pudotessa vähitellen, GPS tulee jo 1990-luvulla yleistymään myös esim. maantieliikenteessä. Pienkoneiden lisäksi GPS tulee varmasti käyttöön pitkän matkan ilmaliikenteessä nimenomaan inertiajärjestelmän tukena ja "päivittäjänä".



UTC- ja GPS-ajat kulkevat samaa tahtia kuin kansainvälinen atomiaika (TAI), joka perustuu tiettyyn cesium-atomin resonanssiin. Jotta kaikille tarjottava jokapäiväinen käyttöaika (UTC, Universal Coordinated Time) pysyisi suunnilleen tasakäynnissä aurinkoaajan (UT eli GMT) ja siten maapallon pyörimisen kanssa, on UTC-aikaa korjattu tarvittaessa yhdellä sekunnilla (nk. karkaussekunti). Toisin sanoen maapallon pyöriminen on viime vuosina ollut atomiaikaan nähden liian hidasta.

Transit 1-A	17. 09. 1959
1-B	13. 04. 1960
2-A	22. 06. 1960
3-A	30. 11. 1960
3-B	21. 02. 1961
4-A	29. 06. 1961
4-B	15. 11. 1961
...	
Timation 1	05. 1967
2	09. 1969
NTS 1	07. 1974
NTS 2	06. 1977
...	
Navstar 1	02. 1978
2	03. 1978
3	10. 1978
4	12. 1978
5	02. 1980
6	04. 1980
7	12. 1981
8	07. 1983
9	06. 1984
10	09. 1984
11	10. 1985

Avainsanat

Ballistinen ohjus	= mannertenvälinen ohjus
Inertia	= sähkömekaaninen navigointilaite
Doppler-ilmiö	= esineen tullessa kohti vauhti kiihtyy ja kääntäen päinvastoin
Oskillaattori	= sähköinen värähtelijä
Geosynkroninen	= pysyy paikallaan maahan nähden
Efemerididata	= lähtöpiste, josta ruvetaan laskemaan aikaa, matkaa tmv.
Aikadilataatio	= kun vauhti tarpeeksi kiihtyy, aika hidastuu (Einsteinin erityinen suhteellisuusteoria)
Nanosekunti	= 1/1 000 000 000 sekuntia
Gravitaatiokenttä	= painovoimakenttä
...	
GPS	= Global Positioning System, satelliittinavigointijärjestelmä
NAVSTAR	= Navigation System with Time and Ranging, satelliittinavigointijärjestelmä

Muut tarkat satelliittinavigointijärjestelmät

GPS:n lisäksi ainoastaan pääosin samankaltainen neuvostoliittolainen *Glonass* on jo koe-käyttövaiheessa. Ensimmäiset kolme *Glonass*-satelliittia lähetettiin radoilleen 12. 10. 1982.

Suunnitteluasteella on useitakin siviilijärjestelmiä, kuten *Granas/Navsat* (by BRD/ESA) ja *Geostar* (RDSS). Huonomman tarkkuuden omaavia paikantamiselementtejä on sisällytetty mm. Inmarsat-järjestelmään.

GPS:n sotilaallista luonnetta on vierastettu joskus toki unohtaen, että myös esim. *Omega* on alunperin sotilaallinen paikannusjärjestelmä, sen tukena olevista VLF-sähkötyasemista puhumattakaan. ●

Uusien navigaatiolaitteiden huikea kehitys:

Halvat, tarkat Navstarit ovat tulossa

TEKSTI VAINO K. LEHTORANTA

● **Uusi globaalinen joka paikan navigaatiojärjestelmä Navstar (GPS) on erinäisten viivytysten jälkeen tulossa käyttöön aivan lähivuosina. Periaatteessa GPS pystyisi korvaamaan lähes kaikki nykyisin merellä ja ilmassa käytettävät navigaatiojärjestelmät, mutta mm. kustannussyistä tämä tapahtunee vasta pitkän ajan kuluessa.**

Epäilemättä GPS:n käyttö tulee aikanaan yleistymään myös maantieliikenteessä ja jopa jalankulkijan paikannuksessa. Järjestelmän käyttämiseen liittyvät ongelmat ovat ainakin toistaiseksi olleet enemmän poliittisia kuin teknisiä.

Sama huikea elektroniikan kehitys, joka on mahdollistanut GPS:n kaltaisen, aivan uuden tyyppisen sähköisen paikantamisjärjestelmän rakentamisen, on yhtä lailla tarjonnut mahdollisuuden parannella jo olemassa olevia järjestelmiä sekä maalaitteiden että ilma-aluslaitteistojen osalta. Muutaman vuoden kuluttua edessä oleva päätösten teko eräiden vanhojen navigointijärjestelmien lopettamisesta tai jatkamisesta ei varmaankaan tule olemaan helppoa.

VOR:in valinta v. 1946 ja TRSB/MLS:n valinta v. 1978 ICAO:n standardijärjestelmiksi ovat esimerkkejä tapauksista, joissa USA arvovalloillaan – ja myös tekniikan taitamisellaan – ajoi tahtonsa läpi.

Toisaalta Neuvostoliiton ICAO:n standardeista poikkeavat KGSP (ILS)-, SSR- ym. järjestelmät ovat osaltaan olleet luomassa tilannekonflikteja kansainvälisessä lentoliikenteessä. Teknisessä mielessä nykyisten ja jo hylättyjen järjestelmien kirjavuus johtuu siitä, että koko maapallon kattavaa, riittävän tarkkaa menetelmää ei tähän saakka ole ollut olemassa.

Tärkeätä on muistaa, että kehittyneikään elektroniikka ei sinänsä pysty muuttamaan nk. luonnonlakeja, joiden toteutuessa radioaallot väliaineissa kulkiessaan mutkittelevat, heijastelevat, siroavat ja vaimentuvat. Seuraavassa lyhyt yhteenveto käytössä olevista radionavigointijärjestelmistä.

Omega-järjestelmässä saavutetaan kahdeksalla maa-asemalla maapallon laajuinen peitto. Kukin asema lähettää aikamultipleksattuja pulsseja

viidellä eri taajuudella välillä 10.2 ja 13.6 kHz, säteilytehon ollessa 10 kW.

Käyttökelpoisin vastaanottojärjestelmä on nimeltään Omega/VLF ja se käyttää paikannäilytykseen myös USA:n laivaston VLF-sähkötysasemia; käytössä esim. Airbusluokan keskipitkien matkojen koneissa.

Mannertenvälistä liikennettä harjoittavista suurista liikennekoneista monet käyttävät Omega- ja INS-laitteiden yhdistelmiä. Laivakäytössä yleisiä ovat integroidut satelliitti-(Transit) ja Omega-laitteistot.

Decca on lyhyen etäisyyden tarkka navigaatiojärjestelmä, joka on hyvin yleinen Länsi-Euroopan vesillä liikkuvissa laivoissa (käytössä myös helikoptereissa). Decca maalaitteistoja on myös Japanissa, Länsi-Australiassa, Intian valtameren pohjoisrannikolla, Etelä-Afrikassa, Nigerian rannikolla sekä New Foundlandin edustalla.

Loran C on 100 kHz:n kantoaaltotaajuudella pulsseja lähettävä keskipitkien etäisyyksien navigaatiojärjestelmä, toimintaetäisyydet 1 000–2 000 kilometrin luokkaa.

Maailman Loran C järjestelmä käsittää parikymmentä ketjua, joissa kussakin on yksi master ja kahdesta neljään slave-asemaa. Pulssimenetelmää käyttämällä saadaan ionosfäärin haittavaikutukset suureksi osaksi eliminoitua. Peittoalue käsittää mm. Pohjois-Atlantin, Välimeren sekä USA:n itä- ja länsirannikot. Korvaa entisen Loran A:n.

DF-laite, jolla voidaan suuntaa LF- ja MF-majakoita sekä yleisradioasemia, lienee ainakin joka toisessa laivaksi luokiteltavassa vesillä liikkuvassa aluksessa (yli miljoona alusta). Lisäksi ADF-laite (Automatic Direction Finder) on asennettu yli 100 000 ilma-alukseen. Varsinaisia ilmailun NDB-reittimajakoita on maailmassa toiminna yli 5 000.

ILS-lähestymislaitteisto (Instrument Landing System) lienee sekin käytössä yli 100 000 ilma-aluksessa, joista yli 5 000 on varsinaisia liikennekoneita. Maalaitteistot on luokiteltu, ja Cat III -järjestelmä sallii myös automaattiset laskeutumiset.

MLS-laitteistojen suurempimittakaavainen asentaminen alkane vuosisadan lopulla ja nykyisten suunnitelmien perusteella ILS poistettaneen sen jälkeen vähitellen käytöstä.

VOR (VHF Omnidirecti-

onal Range) on DME-järjestelmällä täydennettynä ollut puutteistaan huolimatta ICAO:n lyhyiden etäisyyksien standardinavigaatiojärjestelmänä jo yli 40 vuoden ajan. VOR-majakoita on maailmassa yhteensä pari tuhatta, niistä puolet USA:n alueella.

VOR/DME-yhdistelmän avulla muodostetaan polaari-nen koordinaatisto, jossa lentoväylät yhtyvät VOR-majakoiden tiettyihin radiaaleihin, ja etäisyys radiaalilla mitataan DME-majakon avulla. Monet hyvin varustetut koneet käyttävät myös DME/DME-menetelmää. Aluenavigointijärjestelmien, kuten Omega ja INS, yleistyessä VOR-väylät ovat osittain menettämässä merkitystään sekä reitti- että lähestymislentovaiheessa.

Transit-satelliittinavigaatiojärjestelmä (NNSS) on ollut maailman kauppalaivaston käytössä vuodesta 1967 ja on saavuttanut odottamattoman suuren suosion kohtuuhintaisena ja tarkkana paikannusjärjestelmänä. Ilma-aluskäyttöön Transit-menetelmä on aivan liian hidas. Järjestelmä poistuu käytöstä GPS-järjestelmän tieltä seuraavien kymmenen vuoden aikana.

SSR-tutkajärjestelmä (Secondary Surveillance Radar) on nimensäkin mukaisesti valvonta- ja tunnistusjärjestelmä, joka on 1960-luvulta lähtien mullistanut myös siviililentoliikenteen valvonnan ja seuraamisen täydellisesti.

Käytännöllisesti katsoen jokaisessa mittarilentosääntöjen (IFR) mukaisesti lentävässä ilma-aluksessa on nykyisin toisiotukan ilma-aluslaite eli ATC-transponderi, jonka lähettämä omakonetunnus (ja mahdollisesti lentokorkeus) on tutkan näyttölaitteilla näkyvisä. Parannettu versio (nk. S-mode) on tulossa käyttöön ainakin USA:ssa jo lähivuosina. Tällöin jokainen kone saa iköman tunnuksensa.

INS eli Inertia on itsenäisen, ilman tukiasemien apua toimiva sähkömekaaninen navigaatiolaitte, jollaisia lienee siviili-ilmailun koneiden käytössä pitkälti yli 5 000. Tarkkuus on tyyppillisesti 2 – 4 km ja siten riittävä mannertenvälisessä liikenteessä; yleisesti järjestelmälle syötetään lennon aikana dataa muista laitteista, kuten DME:stä.

Parannukset ovat kohdistuneet nimenomaan suuntareferensseihin, ja käyttöön ovat tulleet nk. rengaslasergyrot. Toinen itsenäinen järjestelmä, Doppler-navigaattori, on jää-

nyt pois ainakin siviili-ilmailun käytöstä.

Navstar (GPS) on tulossa oleva, mullistava navigaatiojärjestelmä, jonka käyttö tulee aikanaan yleistymään myös maantieliikenteessä ja jopa jalankulkijain paikannuksessa.

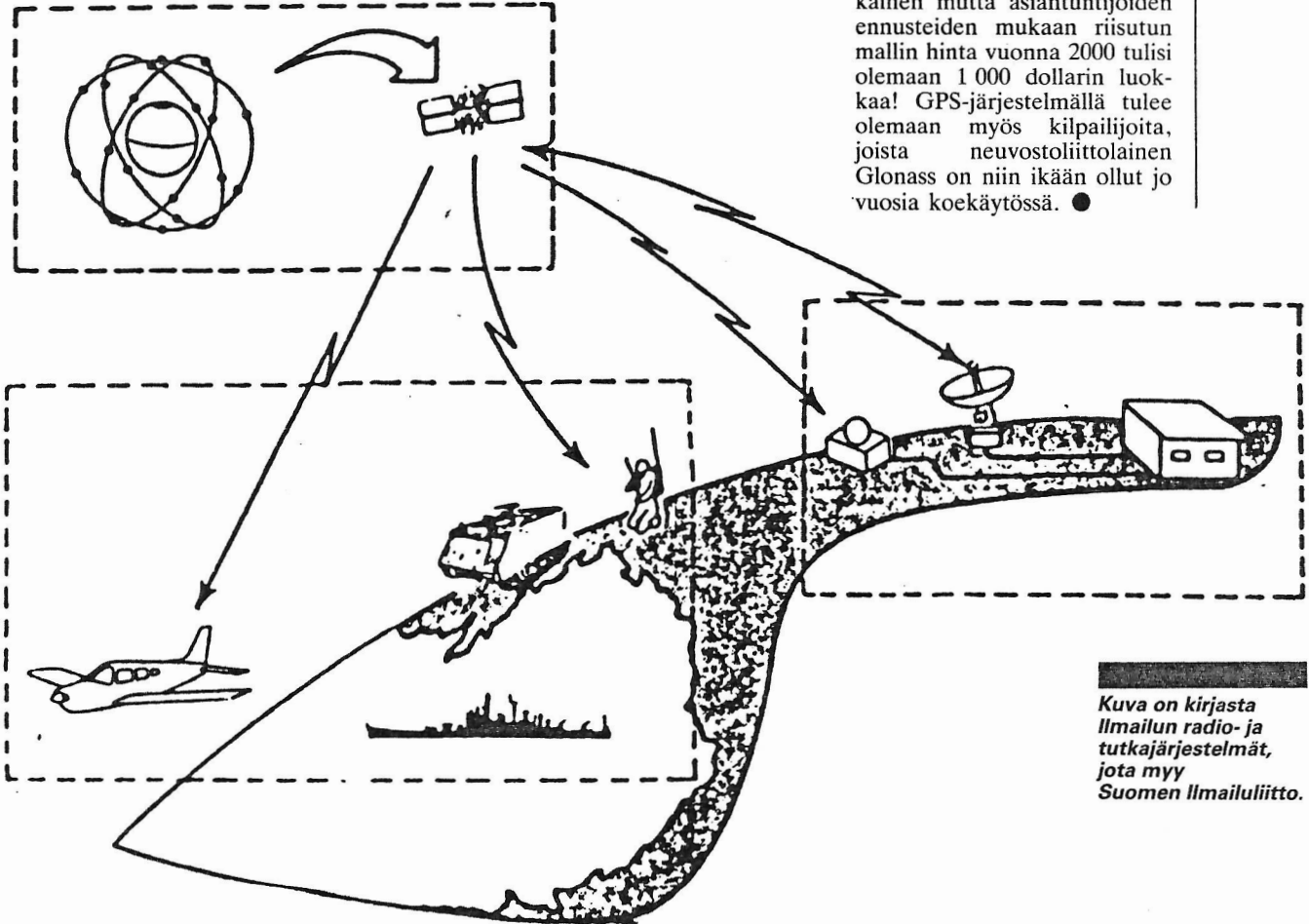
Tämä alansa laajin projekti käsittää yhteensä 28 satelliittia, joista 18 on tarkoitus kuljettaa radoilleen ennen vuotta 1993. GPS on ollut jo muuta-

man vuoden koekäytössä, mutta vastaanotinkalustoa on ollut saatavissa vasta viime aikoina.

Suuret aikamerkkilaboratoriot ovat jo pitkään käyttäneet GPS-vastaanottimia keskinäisissä ajan vertailuissa, tarkkuuden ollessa kymmenien nanosekuntien luokkaa (10 ns ajassa vastaa noin 3 metriä etäisyydessä). Suunnitelmien mukaan siviilikoodin (SPS)

käyttäjille tulotisiin aluksi salilimaan 100 metrin navigointitarkkuus. Sotilaspirejä on luultavasti huolestuttanut se, että jo koekäyttövaiheessa vähillä satelliiteilla saavutetut tarkkuudet ovat olleet huomattavasti parempia! Menetelmässä mitataan etäisyyksiä kolmeen tai neljään satelliittiin, jolloin saadaan paikka-koordinaatit, aluksen nopeusvektori sekä tarkka GPS-aika.

Vastaanotin on monimutkainen mutta asiantuntijoiden ennusteiden mukaan riisutun mallin hinta vuonna 2000 tulisi olemaan 1 000 dollarin luokkaa! GPS-järjestelmällä tulee olemaan myös kilpailijoita, joista neuvostoliittolainen Glonass on niin ikään ollut jo vuosia koekäytössä. ●



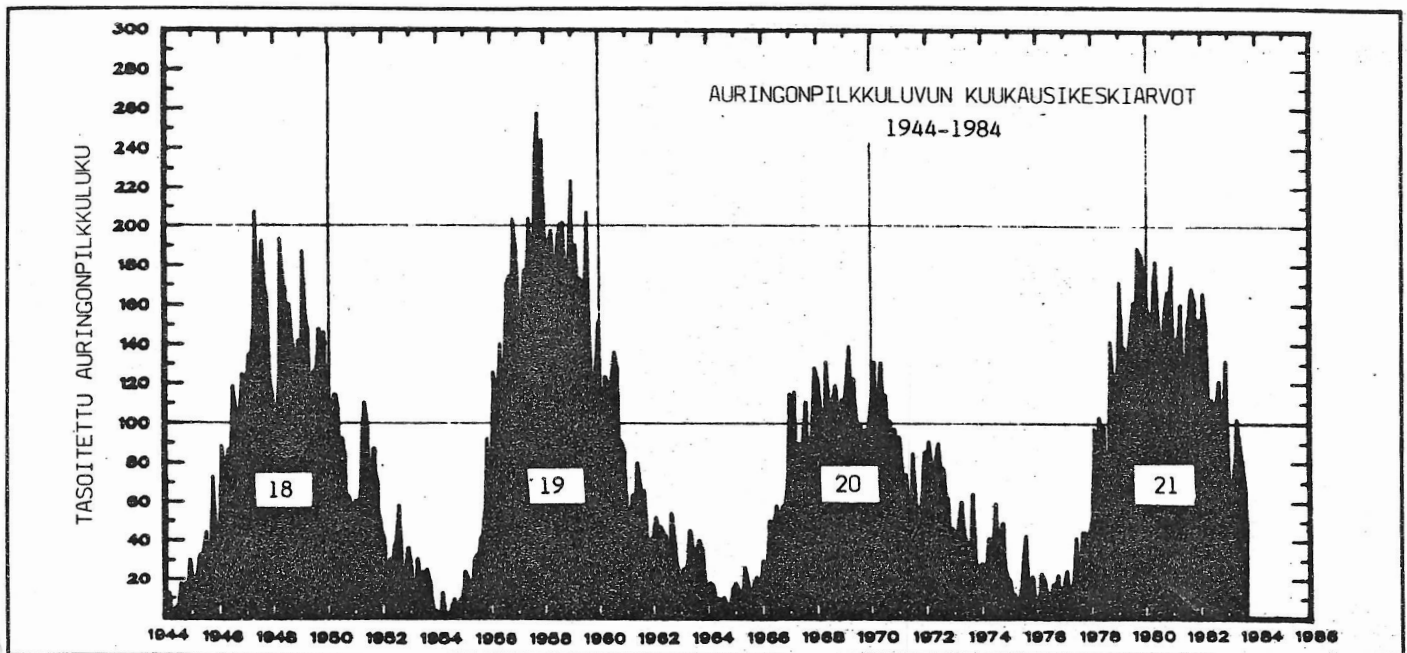
Kuva on kirjasta Ilmailun radio- ja tutkajärjestelmät, jota myy Suomen Ilmailuliitto.

Yhdysvalloissa suunniteltua Navstar-satelliittijärjestelmä korvaa tulevaisuudessa tämänhetkiset navigaatiolaitteet. Halvaksi ennustettu hinta ja tarkkuus varmistavat systeemin voittokulun.

Navstarin avulla on pitkälläkin kokeilulennolla päästy pisteeseen, joka on ollut vain muutamien metrien päässä tarkoitetusta pysähtymispaikasta.

Käytössä olevat radionavigaatiolaitteistot järjestelmittäin

Järjestelmä	Taajuus(alue)	Maa-asetat	Ilma-alusasemat (karkea-arvio)
Omega	10..14 kHz	8	10 000
VLF Com	15..25 kHz	10	
Decca	70..130 kHz	150	1 000
Loran C	100 kHz	> 50	5 000
ADF (LF/MF-majakat)	200..1750 kHz	> 5000	> 100 000
ILS/MKR	75 MHz		
ILS/LLZ	108..112 MHz	1200	150 000
ILS/GP	329..335 MHz		
VOR	108..118 MHz	2000	250 000
Transit (NNSS)	150, 400 MHz	-	-
DME	960..1215 MHz	2000	80 000
SSR	1030,1090 MHz	800	200 000
Navstar (GPS)	1227,1575 MHz	(tulossa) -	?
Radialtimeter	4.2..4.4 GHz	-	5 000
MLS	5031..5091 MHz	(tulossa) ?	?
Wx Radar	5, 9 GHz	-	10 000



■ Joidenkin auringonpilkkujaksojen aikana on maan magneettikentässä esiintynyt jättiläismäisiä vaihteluita ja varsin salaperäisiä lieveilmiöitä on voitu todeta erilaisissa teknisissä laitteissa ympäri maapalloa.

■ 13–14.7.1982 välisenä yönä pudotti Ruotsissa automaattikka useita 200 ja 400 kilovoltin suurjännitemuuntajia pois päältä. Samaten oli rautateiden ohjausvaloja vaihtunut punaiselle ilman näkyvää syytä. Näihin ufomaisiin ilmiöihin olivat syynä jättiläismäiset häiriöt maan magneettikentässä. Ruotsissa mitattiin maan pinnalla geomagneettisesti indusoituneita sähkökenttiä suuruudeltaan 5V/km. Tällaisen häiriökentän esimerkiksi voimalinjoihin indusoidut virrat saattavat olla suuruudeltaan satoja ampeereita ja ne voivat johtaa muuntajien kyllästymiseen ja ylikuumenemiseen, suojarleiden tarpeettomiin laukeamisiin jne.

Geomagneettisessa kentässä esiintyy enemmän tai vähemmän säännöllisesti häiriöitä, jotka ilmenevät mm. revontulina ja radiokelkatkoksinä, jotka saattavat kestää päiväkausia. Tällöin vaikeutuu paitsi lyhytaaltoyhteyksien pito myös mm. Omega-navigointi. Voimalinjainduktion haittavaikutuksia esiintyy ainoastaan poikkeuksellisen

Kun maan magneettikenttä hurjistuu...

□ V.K. Lehtoranta

voimakkaiden geomagneettisten häiriöiden aikana kuten myös 4.8.1972, jolloin Pohjois-Amerikassa esiintyi laajoilla alueilla voimansiirtohäiriöitä.

Suomessakin on useiden vuosien ajan tehty voimalinjainduktioon liittyviä tutkimuksia ja rekisteröity sen aiheuttamia virtoja, joista suurimmat havaitut ovat olleet yli 100 A luokkaa. Merkillistä kylä Suomessa ei ole, päinvastoin kuin Ruotsissa ja Pohjois-Amerikassa noteerattu yläselostetun kaltaisia häiriöitä kesinä 1972 ja 1982 esiintyneiden jättimäisten geomagneettisten myrskyjen aikana.

Maan magneettikenttää heiluttavat primääriset häiriölähteet sijaitsevat ionosfäärissä ja magnetosfäärissä. Kentissä esiintyviin ajallisiin häiriöihin liittyy aina Faradayn induktiolain mukainen sähkökenttä, jonka olemassaolo merkitsee, että maan pinnan eri pisteiden välillä esiintyy potentiaalieroja. Jännitteet aiheuttavat puolestaan häiriövirtoja pitkiin linjoihin, jotka ovat päistään maadoitettuja esimerkiksi muuntajien kautta.

• Mielenkiintoinen on maan magneettikentässä esiintyvien voimakkaiden häiriöiden yhteys auringonpilkkujaksoihin. Auringonpilkkujaksojen ovat auringon pinnalla näkyviä tummia kohtia, jotka puolestaan liittyvät auringon omiin magneettikenttiin.

Auringonpilkkuja on havainnointi ja tilastoitu säännöllisesti suunnilleen kaukoputken keksimisestä lähtien (1610) mutta myös jo ennen ajanlaskumme alkua mm. Kiinassa ja Japanissa. Auringonpilkkujen on havaittu esiintyvän suunnilleen 11 vuoden jaksossa siten, että noin 4 vuotta minimin eli miltei pilkuttoman ajan jälkeen esiintyy maksimi ja sen jälkeen noin 7 vuotta kestävä laskeva osa. Maksimit ovat olleet suuruudeltaan vaihtelevia ja suurin historiallisena aikana todettu oli vuosina 1958–59. Maksimin aikana tasoitettu 12 kk auringonpilkkuluku on suuri, yleensä yli 100 ja radiokelit lyhytaaltoalueella sillä tavoin suosiolliset, että myös ylimmät taajuudet (jopa yli 30 MHz) ovat käyttökelpoisia, tehden kaukoyhteyksien pi-

don helpoksi.

Auringonpilkkujaksoja tutkittaessa on havaittu niiden mahdollinen yhteys moniin muihinkin ilmiöihin maapallolla; tällaisia ovat tulivuoren purkaukset, maanjäristykset, tulvat, eräät sääilmiöt kuten ukkonen jne. Samalla kun on ennustettu seuraavien auringonpilkkumaksimien esiintymisajankohtaa ja suuruutta, on myös ennusteltu suurten geomagneettisten myrskyjen esiintymistä. Tutkija nimeltään Sargent osui ilmeisesti nappiin ennustaessaan yhden jättiläismäisen myrskyn tapahtuvan auringonpilkkujakson 21 laskevan osan puolivälissä – eli vuonna 1982. Muutoin kesällä 1976 alkanut jakso 21 on ollut aivan poikkeuksellisen hiljainen, mikä seikka puolestaan on myös aktivoitunut monia geomagneettismin tutkijoita.

Vilte

Risto Pirjola, Induktio voimansiirtolinjoissa geomagneettisten häiriöiden aikana, X Geofysiikan päivät Helsingissä 23–24.4.1981. ss. 17–22. □