(19)



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 953930 A7**

(12) **JjulkiseksI tullut patenttihakemus**
Patentansökan som blivit offentlig
Patent application made available to the public

(21) Patenttihakemus - Patentansökan - Patent application 953930

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation - International patent classification
H01Q 21/00

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **22.08.1995**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **22.08.1995**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **24.02.1996**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

23.08.1994 US 294633

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • **Loral Qualcomm Satellite Services Inc.,** 3825 Fabian Way, Palo Alto CA 94303, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • **Dietrich, Frederick J.,** USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)
2 • **Monte, Paul A.,** USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention
Antenni monisatelliittiyhteyslinkeille
Antenn för flervägsatellitskommunikationslinkar

Antenni monitiesatelliittiyhteyslinkeille - Antenn för flervägsatellitkommunikationslinkar

Tämä keksintö koskee yleisesti monitieviestintäjärjestelmiä ja erityisesti antennijärjestelmää, jota käytetään satelliittien välityksellä toimivassa monitieviestintäjärjestelmässä.

Satelliittia käyttävät viestintäjärjestelmät ovat hyvin edustettuina tekniikassa. Viittaamme esim. US-patenttiin nro 5 303 286, joka on myönnetty Robert A. Wiedemanille 12.4.1994 ja jonka otsikko on "Wireless Telephone/Satellite Roaming System" (Radiopuhelimen/satelliitin seurantajärjestelmä). Viittaamme myös niihin moniin US-patentteihin, ulkomaisiin patentteihin sekä muihin julkaisuihin, joista on merkintä US-patentissa 5 303 286.

Erityisen mielenkiintoinen tämän keksinnön kannalta on US-patentti nro 5 233 626, joka on myönnetty Stephen A. Amesille 3.8.1993 ja jonka otsikko on "Repeater Diversity Spread Spectrum Communication System" (Toistehajaspektriviestintäjärjestelmä). Tämä patentti esittää toistehajaspektriviestintäjärjestelmän, jossa lähettimen (1) ja vastaanottimen (7) välisissä yhteyksissä ei esiinny olennaista häipymistä. Lähetettävä signaali välitetään useiden lineaaristen tietoliikenteen toistinasemien (3-6) kautta, jotka tuottavat kopioita lähetetystä signaalista, ja jokainen kopio saapuu itsenäisesti häipyvän signaalireitin kautta. Lähetin ja/tai vastaanotin voi olla asennettu liikkuvalle alustalle ja toistinasemat, joita on useita, voivat olla maassa tai satelliiteissa matalalla kiertoradalla tai maan geosynkronisella kiertoradalla. Vastaanotin käsittelee vastaanotetut signaalikopiot ja tasaa niiden viiveen, taajuuden ja vaiheen toisiinsa, ja yhdistää sitten monet vastaanotetut ja tasatut signaalikopiot ja tuottaa niistä täydellisen signaalin, jonka häipymissyvyyttä on heikennetty runsaasti.

Keksintö koskee antennijärjestelmää, jota käytetään satelliitin välityksellä toimivassa monitieviestintäjärjestelmässä, johon kuuluu maa-asema tai päätelaite, jolla voidaan lähettää LEO-tietoliikennesatelliittiryhmittymän (matalan kiertoradan satelliittiryhmittymän) useisiin LEO-tietoliikennesatelliitteihin sekä vastaanottaa niistä.

Keksinnön antenni aikaansaa suuren vahvistuksen päätelaitteelle, joka käsittää sekä LEO-satelliittisignaalien vastaanottimen että lähettimen. Antennin aikaansaama vastaanottimen lisävahvistus mahdollistaa vastaavan pienennyksen satelliitin (toistinaseman) lähettimen lähtötehossa, mikä on etu, kun ottaa huomioon sen rajoitetun tehon, joka LEO-satelliitilla on käytössään. Tämä satelliitin tehon pienennys on mahdollista sekä myötäsuuntaisessa yhteydessä (välitinlaitteesta käyttäjälle) että paluuyhteydessä (käyttäjältä välitinlaitteeseen). Antennin antama lisävahvistus mahdollistaa myös vastaavan pienennyksen päätelaitteen lähettimen lähtötehossa.

Antenni käsittää ensimmäisen alirakenteen, jonka päätaso on suunnattu ensimmäiseen kulmaan (esim. 90°) akselin (normaalin) suhteen, joka on kohtisuorassa maan pintaan nähden. Antenni 70 käsittää myös N-määrän (esim. 6) toisia alirakenteita 74, joista kussakin yksittäisessä alirakenteessa on paikallinen päätaso, joka on asetettu toiseen kulmaan (esim. 45°) ensimmäisen alirakenteen päätasoon nähden. Jokaisella näistä N-määrän alirakenteista on paikallisesta päätasosta ulospäin osoittava normaali, joka on suunnattu kolmanteen kulmaan (esim. 60°) akselin ympäri viereisen alirakenteen ulospäin osoittavasta normaalista. N:llä ja näin ollen myös kolmannella kulmalla voi olla kuitenkin erilaiset arvot, esim. 8 ja 45°. Kunkin N-määrän alirakenteen ulospäin osoittava normaali on asetettu siten, että se osoittaa poispäin akselista.

Ensimmäinen alirakenne ja myös jokainen toinen alirakenne kannattavat vähintään yhtä antennielementtiä, esim. torvian-

tennia tai tasoantennia tai tasoantenniryhmää. Ensimmäisen alirakenteen ja ainakin joidenkin toisien alirakenteiden antennielementit mahdollistavat hajaspektriyhteyden päätelaitteen ja vähintään yhden matalan kiertoradan satelliitin välillä matalan kiertoradan satelliitin monissa eri elevaatiokulmissa.

Määrätyn alirakenteen antennielementin (-elementtien) valinta käyttöön tehdään ennalta määrätyn satelliitin elevaatiokulman ja atsimuuttikulman pohjalta perustuen satelliitin rata- ja liiketietoihin, tai se tehdään vastaanotetun signaalin voimakkuuden mittausten pohjalta skannaamalla vuorotellen N-määrän alirakenteiden antennielementti (-elementit). Voidaan myös käyttää satelliitin rata- ja liiketietojen ennusteiden ja mitattujen signaalivahvuuksien yhdistelmiä.

Esitämme myös menetelmän päätelaitteen käyttämiseksi yhteyden vastaanottamiseen vähintään yhdestä matalan kiertoradan satelliittiryhmän satelliitista tai yhteyden ottamiseen sinne. Kukin satelliittiryhmän satelliitti näkyy määrätyssä elevaatiokulmassa aina silloin, kun se on päätelaitteen näköpiirissä. Menetelmä käsittää vaiheet, joissa ensimmäiseen elevaatioalueeseen valitaan antennirakenteen ensimmäinen osuus, joka vastaanottaa tai lähettää viestin. Ensimmäinen osuus on ensimmäisessä kulmassa maan pintaa vastaan kohtisuorassa olevaan akseliin nähden. Toiseen elevaatioalueeseen valitaan menetelmässä antennirakenteen toinen osuus, joka vastaanottaa tai lähettää viestin. Toinen osuus on toisessa kulmassa maan pintaa vastaan kohtisuorassa olevaan akseliin nähden. Mahdollista kolmatta jne. elevaatioaluetta varten menetelmä valitsee antennirakenteen lisäosuuksia viestien vastaanottamiseksi tai lähettämiseksi. Nämä lisäosuudet ovat ensimmäisessä kulmassa sen akselin suhteen, joka on kohtisuorassa maan pintaan nähden.

Menetelmä käsittää vielä samanaikaisesti toimeenpantavat vaiheet, joissa vastaanotetaan ja jäljitetään ainakin satel-

liittiryhmän yhdeltä muulta satelliitilta tuleva tahdistussignaali.

Keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa vastaanotettu yhteys on hajaspektriyhteys, ja vastaanotto- ja seurantavaiheet käsittävät vaiheen, jossa lukkiudutaan tarkkailukanavaan, jonka lähettää tämä vähintään yksi muu satelliitti.

Keksinnön edellä esitetyt sekä muut piirteet selviävät tarkemmin seuraavasta, keksinnön yksityiskohtaisesta selostuksesta, kun sitä tarkastellaan yhdessä oheisten piirustusten kanssa, joissa:

kuvio 1 on lohkokaavio satelliittiviestintäjärjestelmästä, joka on rakennettu ja toimii keksinnön antennijärjestelmän ensisijaisen suoritusmuodon mukaisesti;
kuvio 2 lohkokaavio kuvion 1 eräästä välitinlaitteesta;
kuvio 3A on lohkokaavio kuvion 1 yhden satelliitin tietoliikennehyötykuormasta;
kuvio 3B esittää osan säteilykuviota, joka lähetetään eräästä kuvion 1 satelliitista;
kuvio 4 on lohkokaavio, joka kuvaa satelliitin kaukomittaus- ja ohjaustoimintojen maavälineistötukea;
kuvio 5 on lohkokaavio kuvion 2 CDMA-alijärjestelmästä (koodijakomonikäyttöalijärjestelmästä);
kuvio 6 on ylhäältä otettu kuva keksinnön ensisijaisesta, kiinteästä antennirakenteesta;
kuvio 7 on leikkausviivaa 7-7 pitkin otettu poikkileikkauskuva kuvion 6 antennirakenteesta;
kuvio 8 on lohkokaavio keksinnön antennijärjestelmästä;
kuvio 9A on lohkokaavio kuvion 8 lohkokaavion suurvahvistusantenniosuudesta;
kuvion 9B on kaavio kuvion 9A pin-diodikytkinryhmästä;
kuvio 10 on kaavio, johon on kuvattu vahvistus isotrooppiseen säteilijään nähden (dBi) huippukulmaa (aste) vastaan keksinnön kiinteälle antennijärjestelmälle;

kuvio 11 esittää esimerkin satelliitin radasta ja sillä voidaan selittää kuvion 6 antennin alirakenteiden 74 suuntaus; kuvio 12 on ylhäältä otettu kuva kuvion 6 antennirakenteen toisesta suoritusmuodosta; ja

kuvio 13 on lohkokaavio keksinnön vielä yhdestä suoritusmuodosta, jossa vastaanotetun signaalin voimakkuutta käytetään valittaessa ja kytkettäessä antennit.

Kuvio 1 esittää ensisijaisen suoritusmuodon satelliittiviestintäjärjestelmästä 10, jota voidaan käyttää keksinnön antennijärjestelmän ensisijaisen suoritusmuodon kanssa. Ennen kuin keksintöä selitetään tarkemmin, kuvataan ensin viestintäjärjestelmä 10, jotta keksinnön antennijärjestelmästä voisi saada paremman käsityksen.

Viestintäjärjestelmä 10 voidaan jakaa käsitteellisesti useisiin lohkoihin 1, 2, 3 ja 4. Osaa 1 kutsutaan tässä avaruuslohkoksi, lohkoa 2 käyttäjälohkoksi, lohkoa 3 maalohkoksi ja lohkoa 4 puhelinjärjestelmän infrastruktuurilohkoksi. Keksintö koskee erityisesti käyttäjälohkoa 2, varsinkin kiinteää antennirakennetta 70, joka esitetään kuvioissa 6 ja 7. Antennirakenne 70 ja siihen liittyvä elektroninen järjestelmä mahdollistavat samanaikaisen käyttäjäyhteyden useisiin eri satelliitteihin, jotka muodostavat matalan kiertoradan satelliittien (LEO-satelliittien) ryhmittymän 12.

Keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa on yhteensä 48 satelliittia esim. 1410 km:n LEO-radalla. Satelliitit 12 on jaettu kahdeksalle kiertotasolle siten, että kuusi tasaisin välein sijoitettua satelliittia tulee tasoa kohti (Walkerin ryhmittymä). Ratatasot ovat 52 asteen kaltevuuskulmassa päiväntasaajaan nähden ja kukin satelliitti suorittaa kierroksen loppuun joka 114. minuutti. Tällä menettelytavalla saadaan keskimäärin koko maapallon kattava kuuluvuusalue, jossa edullisimmin ainakin kaksi satelliittia voidaan nähdä minä tahansa ajankohtana määrätystä käyttäjän sijaintipaikasta, joka sijaitsee 70 astetta eteläistä leveyttä ja 70 astetta poh-

joista leveyttä välillä. Näin ollen käyttäjä pystyy kommunikoimaan mistä tahansa kohdasta maan päällä mihin tahansa toiseen kohtaan maan päällä yhden tai useamman välitinlaitteen 18 ja yhden tai useamman satelliitin 12 välityksellä. Hän voi mahdollisesti myös käyttää osaa puhelimen järjestelmän infrastruktuurilohkosta 4.

Huomautettakoon tässä kohdassa, että järjestelmän 10 edellä esitetty ja edelleen jatkuva kuvaus edustaa ainoastaan yhtä sopivaa viestintäjärjestelmän suoritusmuotoa, jonka puitteissa keksinnön antennirakennetta ja -järjestelmää voidaan käyttää. Toisin sanoen viestintäjärjestelmän ominaisuuksia ei tule lukea tai tulkita rajoittavassa mielessä sovellettaessa keksintöä käytäntöön.

Ohjelmallinen siirtoprosessi (kanavanvaihto) satelliittien 12 välillä sekä myös kunkin satelliitin lähettämän, 16 yksittäisen pistekeilan (kuvio 3B) välillä aikaansaavat keskeytymättömän yhteyden hajaspektri- (SS) ja koodijakomonikäyttötekniikan (CDMA) kautta järjestelmässä 10. Esillä oleva, ensisijainen SS-CDMA-tekniikka on yleensä yhteensopiva TIA/EIA:n väliaikaisen standardin "Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System" kanssa (matkaviestimen ja tukiaseman yhteensopivuusstandardi kaksimoodiselle, laajakaistaiselle hajaspektrisolukkojärjestelmälle), TIA/EIA/IS-95, heinäkuu 1993.

Matalat kiertoradat mahdollistavat pienitehoisten, kiinteiden tai liikkuvien terminaalien 13 tiedonvälityksen satelliittien 12 kautta. Jokainen satelliitti toimii keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa ainoastaan U-putkivahvistimena, joka vastaanottaa tietoliikennesignaalin (esim. puhetta ja/tai dataa) päätelaitteesta 13 tai välitinlaitteesta 18, muuntaa vastaanotetun tietoliikennesignaalin toiselle taajuuskaistalle ja lähettää sitten muunnetun signaalin uudelleen. Toisin sanoen vastaanotettua tietoliikennesignaalia ei käsitellä satelliitissa, eikä satelliitti 12 ole tietoinen niistä tie-

doista, joita vastaanotettu tai lähetetty liikennesignaali mahdollisesti välittää.

Satelliittien 12 välillä ei myöskään tarvita suoraa yhteyslinkkiä tai -linkkejä. Toisin sanoen kukin satelliitti 12 vastaanottaa signaalin ainoastaan lähettimestä, joka sijaitsee käyttäjälohkossa 2 tai lähettimestä, joka sijaitsee maalohkossa 3, ja lähettää signaalin ainoastaan vastaanottimeen, joka sijaitsee käyttäjälohkossa 2, tai vastaanottimeen, joka sijaitsee maalohkossa 3.

Käyttäjälohko 2 voi käsittää useita erityyppisiä päätelaitteita 13, jotka soveltuvat viestintään satelliittien 12 kanssa. Päätelaitteet 13 käsittävät esim. useita erityyppisiä kiinteitä ja liikkuvia päätelaitteita, joihin kuuluvat radiopuhelimet 14, autopuhelimet 15 sekä haku/sanomanvälitystyyppiset laitteet 16, mutta jotka eivät rajoitu näihin.

Erityisen mielenkiintoinen on päätelaite 68, jossa on antennirakenne 70 ja siihen liittyvä vastaanotinelektroniikka 68a, jotka on rakennettu ja jotka toimivat keksinnön mukaisesti. Kuten myöhemmin tarkemmin selitetään, antennirakenne 70 mahdollistaa signaalien samanaikaisen vastaanoton satelliittiryhmästä 12 ja niiden lähetyksen tähän satelliittiryhmään, satelliittiryhmän erillisten satelliittien ollessa jonain määrättynä aikana todennäköisimmin näkyvissä eri elevaatiokulmissa antennirakenteeseen 70 nähden. Tämän johdosta voidaan valikoiden jäljittää satelliitti 12, joka juuri lähettää voimakkainta signaalia, ja seurata satelliittia, kun se kulkee maanpinnan yläpuolella. Lisäksi on myös mahdollista vastaanottaa ja lukkiutua ei yhteydessä olevaan tahdistusliikennesignaaliin (esim. tarkkailusignaaliin), jota kukin satelliitti 12 lähettää. Tämä mahdollistaa nopean ja tasaisen siirron eli yhteysvastuun vaihdon yhdestä satelliitista 12 toiseen satelliittiin 12, jokainen satelliittihan saattaa olla lähettämässä päätelaitteeseen 68 samanlaista kopiota samasta SS-CDMA-yhteyslinkistä, esim. puheyhteydestä. Näin

aikaansaadaan monitievastaanottomoodi, joka vähentää häipymisen ja muun signaalin huononemisen vaikutusta. Tiedon lähettäminen käyttäjän päätelaitteesta 68 satelliittiryhmään 12 on myös mahdollista antennirakenteen 70 avulla.

Viittaamme myös kuvioon 3A, jossa päätelaitteet 13 voivat toimia kaksisuuntaisesti ja kommunikoida esim. L-kaistan RF-linkkien (ylös-suunnan linkkien) ja S-kaistan RF-linkkien (alas-suunnan linkkien) kautta vastaavasti paluu- ja myötäsatelliittitransponderien 12a ja 12b välityksellä. L-kaistan RF-ylös-suunnan linkit voivat toimia taajuusalueella 1,61 GHz - 1,6265 GHz, kaistanleveys 16,5 MHz, ja ne moduloidaan puhesignaaleilla ja/tai digitaalisignaaleilla edullisimman hajaspektritekniikan mukaisesti. S-kaistan RF-alas-suunnan linkit voivat toimia taajuusalueella 2,4835 GHz - 2,5 GHz, kaistanleveys 16,5 MHz. RF-alas-suunnan linkit 17 moduloidaan myös jossain välitinlaitteessa 18 puhesignaaleilla ja/tai digitaalisignaaleilla hajaspektritekniikan mukaisesti.

Maalohko 3 käsittää useita välitinlaitteita 18, jotka ovat yhteydessä satelliitteihin 12 esim. C-kaistan kaksisuuntaisen RF-linkin 19 kautta, joka toimii noin 5 GHz taajuusalueella. C-kaistan RF-linkit välittävät tietoliikenteen syöttölinkkejä kaksisuuntaisesti sekä välittävät myös satelliittikäskyjä (myötälinkki) ja vastaanottavat kaukomittaustietoja (paluulinkki).

Satelliitin syöttölinkkiantennit 12g ja 12h ovat maapeittoantenneja, kun taas L-kaistan ja S-kaistan antennit ovat monikeila-antenneja (edullisimmin 16-keilaisia antenneja), jotka aikaansaavat kuuluvuuden maassa niihin liittyvän palvelualueen puitteissa. L-kaistan ja S-kaistan antennit 12g ja 12h ovat yhdenmukaiset. Esimerkkinä mainittakoon, että yhteensä keskimäärin 3000 kaksisuuntaista yhteyttä voi tapahtua yhden määrätyn satelliitin 12 kautta. Järjestelmän 10 erään piirteen mukaisesti kaksi tai useampia satelliitteja 12 voivat kukin välittää saman yhteyden määrätyn päätelaitteen 13 ja

yhden välitinlaitteen 18 välillä. Tämä toimintamoodi, joka kuvataan tarkemmin alla, aikaansaa siis monitieyhdistelyn vastaavissa vastaanottimissa, mikä aikaansaa paremman häipymisen vastustuksen ja helpottaa ohjelmallisen kanavanvaihdon toteuttamista.

Korostamme, että kaikki taajuudet, kaistanleveydet ja muut, joita tässä selostetaan, edustavat ainoastaan yhtä määrättyä järjestelmää. Muita taajuuksia ja taajuuskaistoja voidaan käyttää ilman, että käsiteltävänä olevat periaatteet muuttuvat. Esimerkiksi välitinlaitteiden ja satelliittien väliset syöttölinkit voivat käyttää muillakin kuin C-kaistalla olevia taajuuksia, esim. Ku- tai Ka-kaistoja.

Välitinlaitteet 18 toimivat siten, että ne kytkevät satelliittien 12 viestintähyötykuorman (transponderit 12a ja 12b, L-kaistan vastaanottoantennin 12c, S-kaistan lähetysantennin 12d, C-kaistan tehovahvistimen 12e, C-kaistan pienikohinaisen vahvistimen 12f ja C-kaistan antennit 12g ja 12h) puhelinjärjestelmän infrastruktuurilohkoon 4.

Puhelinjärjestelmän infrastruktuurilohko 4 muodostuu olemassa olevista puhelinjärjestelmistä ja käsittää solukkovälitinlaitteet 20, alueelliset Bellin keskukset (Regional Bell Operating Center RBOC) 22 tai muita paikallisia puhelinpalvelujen tuottajia, kaukovälittimet 24, kansainväliset välittimet 26, yksityiset verkot 28 sekä julkiset puhelin- ja lennätinjärjestelmät 30. Viestintäjärjestelmä 10 aikaansaa yhteyden käyttäjälohkon 2 ja puhelinjärjestelmän infrastruktuurilohkon 4 puhelinten 32 välillä ja mahdollistaa myös yhteyden käyttäjälohkon 2 erillisten käyttölaitteiden välillä välitinlaitteiden 18 kautta.

Kuviossa 1 (ja myös kuviossa 4) esitetään maalohkon 3 osana satelliittitoimintojen ohjauskeskus (Satellite Operations Control Center SOCC) 36 ja maatoimintojen ohjauskeskus (Ground Operations Control Center GOCC) 38. Yhteysreitti 39,

joka käsittää Globalstar-tietoverkon (Globalstar Data Network GDN) 58 (ks. kuvio 2), liittää toisiinsa maalohkon 3 välitinlaitteet 18 ja kaukomittaus- ja käsky-yksiköt (TCU) 18a, satelliittitoimintojen ohjauskeskuksen 36 ja maatoimintojen ohjauskeskuksen 38. Viestintäjärjestelmän 10 tämä osa toimittaa kaikki satelliitin ohjaustoiminnot. Globalstar on yhtiön Loral Qualcomm Satellite Services Inc. tavaramerkki.

Kuvio 2 esittää tarkemmin yhden välitinlaitteen 18. Jokaiseen välitinlaitteeseen 18 kuuluu jopa neljä C-kaistan RF-kaksoispolarisaatioalijärjestelmää, joista kukin käsittää lautasantennin 40, antenniohjaimen 42, pienikohinaiset vastaanottimet 44 sekä suurtehovahvistimet 46. Kaikki nämä komponentit voivat sijaita antennin suojusrakenteen sisällä, joka eristää ne ympäristöstä.

Välitinlaite 18 käsittää lisäksi alasmuuntimet 48 ja ylösmuuntimet 50, jotka käsittelevät vastaavasti vastaanotetut ja lähetetyt radiotaajuiset kantosignaalit. Alasmuuntajat 48 ja ylösmuuntajat 50 on kytketty CDMA-alijärjestelmään 52, joka puolestaan on kytketty yleiseen puhelinverkkoon (Public Switched Telephone Network PSTN) PSTN-liitännän 54 kautta.

CDMA-alijärjestelmä 52 käsittää signaalin summain/kytkinyksikön 52a, Globalstarin lähetin-vastaanotinalijärjestelmän (Globalstar Transceiver Subsystem GTS) 52b, GTS-ohjaimen 52c, CDMA-keskinäisliitäntäalijärjestelmän (CDMA Interconnect Subsystem CIS) 54d sekä kytkentäisen tukiaseman (Switched Base Station SBS) 54e. CDMA-alijärjestelmää 52 ohjataan tukiaseman hallinnalla (Base Station Manager BSM) 52f ja se toimii vastaavalla tavalla, kuin CDMA-yhteensopiva (esim. IS-95 -yhteensopiva) tukiasema. CDMA-alijärjestelmä 52 käsittää myös tarvittavan taajuussyntesoijan 52g ja maapallon kattavan paikannusjärjestelmän (Global Positioning System GPS) vastaanottimen 52h.

PSTN-liitäntä 54 käsittää yleisen valintaisen puhelinverkon PSTN palveluvalintapisteen (Service Switch Point SSP) 54a, palveluohjauspisteen (Service Control Point SCP) 54b, vierailijarekisterin (Visitor Location Register VLR) 54c sekä liitännän 54d kotirekisteriin (Home Location Register HLR).

Välitinlaite 18 kytketään televerkkoihin standardiliitännän kautta, joka tehdään palveluvalintapisteen 54a välityksellä. Välitinlaite 18 tarjoaa rajapinnan ja kytkeytyy yleiseen puhelinverkkoon päätaajuusliitännän (Primary Rate Interface PRI) kautta. Välitinlaite 18 pystyy edelleen tarjoamaan suoran yhteyden matkapuhelinkeskukseen (Mobile Switching Center MSC).

Välitinlaite 18 toimittaa palveluohjauspisteeseen 54b kiinteän SS-7-ISDN -signaloinnin. Palveluohjauspiste 54b liittyy tukiasemaohjaimeen (BSC) tämän liitännän välitinlaitteen puolelta ja näin ollen myös CDMA-alijärjestelmään 52. Palveluohjauspiste 54b aikaansaa sellaiset yhteyskäytännön muunnostoiminnot Globalstarin ilmarajapintaa (Globalstar Air Interface GAI) varten, jotka voivat perustua CDMA-viestintään tarkoitetun IS-95 väliaikaisen standardin muunnettuun versioon.

Lohkot 54c ja 54d muodostavat välitinlaitteen 18 ja ulkopuolisen solukkopuhelinverkon välille tavallisesti rajapinnan, joka on yhteensopiva esimerkiksi IS-41- (pohjois-amerikkalainen standardi AMPS) tai GSM-solukkojärjestelmän (eurooppalainen standardi MAP) kanssa niiden erityisesti määriteltyjen menetelmien käyttämiseksi, joilla käsitellään vierailijoita eli käyttäjiä, jotka soittavat kotijärjestelmänsä ulkopuolella. Välitinlaite 18 tukee päätelaitteen todennusta Globalstar/AMPS-puhelimille ja Globalstar/GSM-puhelimille. Palvelualueilla, joilla ei vielä ole tietoliikenneinfrastruktuuria, voidaan välitinlaitteeseen 18 lisätä kotirekisteri ja liittää se SS-7-signalointiliitännällä.

Järjestelmä 10 palvelee käyttäjää, joka soittaa normaalin palvelualueensa ulkopuolella (vierailijaa), jos tällä on lupa. Jotta vierailija löytyisi missä tahansa ympäristössä, käyttäjä voi käyttää samaa päätelaitteistoa soittaessaan mistä tahansa paikasta maailmassa, ja välitinlaite 18 tekee tarpeelliset yhdyskäytännön muunnokset transparentisti. Yhdyskäytännön muuntaja 54d ohitetaan, kun sitä ei tarvita.

Välitinlaitteen ohjain 56 järjestää koko välitinlaitteen ohjauksen ja se käsittää liitännän 56a edellä mainittuun Globalstar-tietoverkkoon (GDN) 58 ja liitännän 56b palveluohjauskeskukseen (Service Provider Control Center SPCC) 60. Välitinlaitteen ohjain 56 on tavallisesti kytketty välitinlaitteeseen 18 tukiaseman hallinnan (BSM) 52f kautta ja RF-ohjainten 43 kautta, jotka liittyvät kuhunkin antenniin 40. Välitinlaitteen ohjain 56 on lisäksi kytketty tietokantaan 62, kuten esim. käyttäjätietokantaan, satelliittien rata- ja liiketietoihin, jne., sekä I/O-yksikköön 64, joka mahdollistaa huoltohenkilöstölle yhteyden välitinlaitteen ohjaimeen 56. Globalstar-tietoverkko 58 on liitetty myös kaksisuuntaisesti kaukomittaus- ja käsky-yksikköön (T&C, TCU) 66, jossa on liitäntä TCU-alijärjestelmään 18a (kuviot 1 ja 4).

Viittaamme kuvioon 4, jossa maaohjauskeskus (GOCC) 38 suunnittelee ja ohjaa satelliittien käyttöä välitinlaitteiden 18 avulla ja koordinoi tämän käytön satelliittiohjauskeskuksen (SOCC) 36 kanssa. GOCC 38 kehittää yleisesti ottaen liikennöintisuunnitelmia, varaa käyttöön sekä satelliitin 12 että välitinlaitteen 18 resurssit ja tarkkailee koko järjestelmän 10 toimintaa. SOCC 36 toimittaa ja tarkkailee kiertoratoja, tarkkailee jokaisen satelliitin 12 koko toimintaa, myös satelliittien akkujen tilaa ja asettaa vahvistuksen RF-signaalireiteille satelliitin 12 puitteissa, sekä varmistaa parhaan mahdollisen satelliitin suuntauksen maan pintaan nähden.

Kuten edellä on kuvattu, kunkin välitinlaitteen 18 tehtävänä on yhdistää määrätty käyttäjä yleiseen puhelinverkkoon (PSTN)

sekä viestitystä että puheen ja/tai tiedon välitystä varten, sekä myös kehittää tietoa tietokannan 62 kautta (kuvio 2) laskutusta varten. Valitut välitinlaitteet 18 käsittävät kaukomittaus- ja käsky-yksikön (TCU) 18a, joka vastaanottaa kaukomittaustiedot, joita satelliitit 12 lähettävät C-kaistan paluulinkillä, ja lähettää käskyjä satelliitteihin 12. Globalstar-tietoverkko 58 kytkee toisiinsa välitinlaitteet 18, maaohjauskeskuksen 38 ja satelliittiohjauskeskuksen 36.

Jokainen LEO-ryhmittymän satelliitti 12 toimii yleensä siten, että se välittää tietoja välitinlaitteista 18 käyttäjille (C-kaistan ylös-suunnan linkistä S-kaistan alas-suunnan linkkiin), ja käyttäjiltä välitinlaitteisiin 18 (L-kaistan ylössuunnan linkistä C-kaistan alas-suunnan linkkiin). Näihin tietoihin kuuluu SS-CDMA-tekniikan tarkkailu-, tahdistussekä hakukanavat tehonohjaussignaalien lisäksi. Satelliittien rata- ja liiketietojen päivitystiedot ladataan myös jokaiseen päätelaitteeseen 13 satelliittien 12 kautta. Satelliitit 12 välittävät päätelaitteista 13 välitinlaitteisiin 18 myös viestitystietoja, joihin kuuluu pääsykyselyitä, tehonmuutoskyselyitä sekä rekisteröintikyselyitä. Satelliitit 12 välittävät myös tietoliikennesignaaleja käyttäjien ja välitinlaitteiden 18 välillä ja niihin voi liittyä turvallisuustekijöitä luvattoman käytön vähentämiseksi.

Käytössä satelliitit 12 lähettävät avaruusaluksina kaukomittaustietoja, joihin kuuluu mittauksia satelliittien toimintatilasta. Kaukomittausvirta satelliiteista, käskyt satelliittiohjauskeskuksesta 36 sekä tietoliikenteen syöttölinkit käyttävät samoja C-kaistan antenneja 12g ja 12h. Niiden välitinlaitteiden 18 suhteen, jotka käsittävät kaukomittaus- ja käsky-yksikön (TCU) 18a, voidaan vastaanotetut satelliitin kaukomittaustiedot lähettää välittömästi edelleen satelliittiohjauskeskukseen 36, tai kaukomittaustiedot voidaan tallentaa ja lähettää edelleen satelliittiohjauskeskukseen 36 myöhempänä ajankohtana, tyypillisesti satelliittiohjauskeskuksen

pyytäessä. Kaukomittaustiedot, joko välittömästi lähetetyt tai tallennetut ja myöhemmin lähetetyt, lähetetään Globalstar-tietoverkossa 58 pakettiviesteinä, joista jokainen sisältää yhden pienehkön kaukomittauskehyksen. Jos useampi kuin yksi satelliittiohjauskeskus 36 tukee satelliittia, kaukomittaustiedot reititetään kaikkiin satelliittiohjauskeskuksiin.

Satelliittiohjauskeskuksella 36 on kolme ensisijaista liitäntätoimintoa maaohjauskeskuksen 38 kanssa. Ensimmäinen liitäntätoiminto on tietojen toimittaminen kiertoradan asemasta, jolloin satelliittiohjauskeskus 36 toimittaa tiedot kiertoradasta maaohjauskeskukseen 38 siten, että kukin välitinlaite 18 voi jäljittää tarkasti jopa neljää satelliittia, jotka ovat välitinlaitteen näkökentässä. Nämä tiedot käsittävät tietotaulukoita, joiden avulla välitinlaitteet 18 voivat laskea eteenpäin omaa satelliitti-yhteysluetteloaan tunnettujen algoritmien avulla. Nämä välitinlaitteissa kehitetyt yhteysluettelot lähetetään myös takaisin satelliittiohjauskeskukseen 36 tukemaan kaukomittaustietojen keräämistä ja käskyjen lähettämistä.

Toinen liitäntätoiminto on käyttötilastojen toimittaminen maaohjauskeskuksesta 38 satelliittiohjauskeskukseen 36. Käyttötilastot liittyvät varsinaisen viestinnän laatuun ja jokaisen satelliitin 12 käyttöön (välitinlaitteen arviointiin). Tämä tieto saatetaan vastaavuussuhteeseen satelliitin kaukomittaustietojen kanssa, jotta voidaan erottaa otaksuttu ja poikkeuksellinen käyttäytyminen, jne.

Kolmas liitäntätoiminto toimittaa satelliitin tilan, joka ilmoitetaan satelliittiohjauskeskuksesta 36 maaohjauskeskukseen 38. Satelliitin tilatiedot käsittävät sekä satelliitin/transponderin saatavuuden, akun tilan että tiedot kiertoradasta ja ne käsittävät yleensä kaikki satelliitteihin liittyvät rajoitukset, jotka estäisivät kaikkien tai osan satelliitista 12 käytön tietoliikenteessä.

Järjestelmän 10 eräs tärkeä näkökohta on SS-CDMA-tekniikan käyttö monitieyhdistelyn yhteydessä välitinlaitteen vastaanottimissa sekä päätelaitteen vastaanottimissa. Monitieyhdistelyä käytetään häipymisen vaikutusten vähentämiseksi, kun signaalit saapuvat päätelaitteeseen 13 tai välitinlaitteeseen 18 monista satelliiteista monilta eri pituisilta reiteiltä. Rake-vastaanottimet vastaanottavat ja yhdistävät signaalit monista lähteistä. Päätelaite 13 tai välitinlaite 18 tekevät monitieyhdistelyn esimerkiksi myötälinkkisignaaleille tai paluulinkkisignaaleille, jotka vastaanotetaan kolmesta satelliitista 12 ja lähetetään niiden kautta samanaikaisesti.

Tässä mielessä US-patentin nro. 5 233 626 esitys, joka patentti on myönnetty Stephen A. Amesille 3.8.1993 ja jonka nimi on "Repeater Diversity Spread Spectrum Communication System", on liitetty tähän kokonaisuudessaan viittauksin, kuten on myös sen US-patenttihakemuksen, sarjanumero 08/239 750 esitys, jonka ovat jättäneet Robert Wiedeman ja Paul A. Monte 9.5.1994 ja jonka nimi on "Multipath Communications System Optimizer" (Monitieviestintäjärjestelmän optimoija).

Jatkuvan monitievastaanottomoodin suorituskyky on parempi kuin vastaanotettaessa yksi signaali yhden satelliittitoistimen kautta. Sitä paitsi yhteyteen ei tule katkoja, vaikka yksi linkki katoaisi puiden tai muiden esteiden, joilla on haitallinen vaikutus vastaanotettuun signaaliin, aiheuttaman häiriön takia.

Määrätyn välitinlaitteen 18 useat suunnattavat antennit 40 pystyvät lähettämään myötälinkkisignaalin (välitinlaitteesta päätelaitteeseen) eri satelliittien 12 kautta tukeakseen monitieyhdistelyä päätelaitteissa 13. Päätelaitteiden 13 ympärisäteilevät antennit 13a lähettävät kaikkien niiden satelliittien kautta, jotka voidaan "nähdä" päätelaitteesta 13.

Jokainen välitinlaite 18 tukee lähettimen tehonsäätötoimintoa ja osoittaa hitaat häipymiset, sekä myös lohkojen lomitusta osoittaakseen keski- ja nopeat häipymiset. Tehonsäätö toteutetaan sekä myötä- että paluulinkeillä. Tehonsäätötoiminnon vasteaika säädetään sopimaan satelliitin keskimäärin 30 ms edestakaiseen viiveeseen.

Lohkon lomittajat (53d, 53e, 53f, kuvio 5) toimivat lohkon pituudella, joka liittyy vokooderin 53g pakettikehyksiin. Lomittajan optimipituus valitsee pitemmän pituuden ja näin ollen paremman virheenkorjauksen aina sen kustannuksella, että koko päästä päähän -viive kasvaa. Edullisin maksimi päästä päähän -viive on 150 ms tai alle. Tämä viive käsittää kaikki viiveet, jotka johtuvat vastaanotetun signaalin kohdistamisesta, joka suoritetaan monitieyhdistelijöillä; vokooderin 53g käsittelyviiveet, lohkon lomittajien 53d-53f viiveet sekä niiden Viterbi-dekooderien (ei esitetty) viiveet, jotka muodostavat osan CDMA-alijärjestelmää 52.

Kuvio 5 on lohkokaavio kuvion 2 CDMA-alijärjestelmän 52 myötälinkin modulointiosuudesta. Summainlohkon 53a lähtö syöttää joustavasti taajuutta muuttavaa ylösmuuntajaa 53b, joka puolestaan syöttää summain- ja kytkinlohkoa 52a. Kaukomittaus- ja ohjaustiedot (T&C) syötetään myös lohkoon 52a.

Suorasekvenssihajautuksen moduloimaton hajaspektritarkkailukanava kehittää Walshin koodin, jossa on pelkkiä nollia, halutulla bittinopeudella. Tämä datavirta yhdistetään lyhyeen PN-koodiin, jolla erotetaan eri välitinlaitteista 18 ja eri satelliiteista 12 tulevat signaalit. Tarkkailukanava lasketaan yhteen modulo 2 lyhyen koodin kanssa ja levitetään sitten kvadratuurivaihemoduloinnilla (QPSK) CDMA-kaistanleveydelle. Saadaan seuraavat erilaiset puhevälikoodipoikkeamat (PN-koodipoikkeamat): a) PN-koodipoikkeama, jolla päätelaite 13 voi tunnistaa erityisesti välitinlaitteen 18; b) PN-koodipoikkeama, jolla päätelaite 13 voi tunnistaa erityisesti satelliitin 12; sekä c) PN-koodipoikkeama, jolla päätelaite

13 voi tunnistaa erityisesti jonkin määrätyn keilan niistä 16 keilasta, jotka lähetetään satelliitista 12. Eri satelliiteista 12 tuleville PN-ohjauskoodeille määrätään erilaiset aika/vaihe-erot samasta PN-alkuohjauskoodista.

Jokainen tarkkailukanava, jonka välitinlaite 18 lähettää, voidaan lähettää suuremmalla tehotasolla kuin muut signaalit. Tarkkailukanava mahdollistaa sen, että päätelaite 13 saa hankittua CDMA-myötäkanavan ajastuksen, se toimittaa vaihevertailuarvon koherentille demodulaatiolle ja toimittaa vielä mekanismin, joka vertailee signaalin voimakkuuksia ja päättää, milloin kanavanvaihto aloitetaan. Tarkkailukanavan käyttö ei ole kuitenkaan pakollista ja tähän tarkoitukseen voidaan käyttää muitakin menetelmiä.

Tahdistuskanava kehittää datavirran, joka käsittää seuraavat tiedot: a) vuorokaudenajan; b) lähettävän välitinlaitteen tunnistuksen; c) satelliitin rata- ja liiketiedot; sekä d) osoitetun kutsukanavan. Tahdistusdata pannaan konvoluutiokoodataan 53h, jossa tiedot konvoluutiokoodataan ja myöhemmin lohkolomitetaan, jotta voitaisiin taistella nopeita häipymisiä vastaan. Tuloksena oleva datavirta lasketaan yhteen modulo 2 tahdistetun Walshin koodin kanssa ja levitetään kvadratuurivaihemoduloinnilla (QPSK) CDMA-kaistanleveydelle.

Kutsukanava pannaan konvoluutiokooderiin 53i, jossa se konvoluutiokoodataan ja lohkolomitetaan sen jälkeen. Näin syntyvä datavirta yhdistetään pitkäkoodigeneraattorin 53j lähtöön. Pitkällä PN-koodilla erotetaan päätelaitteen 13 eri kaistat. Kutsukanava ja pitkä koodi lasketaan yhteen modulo kaksi ja pannaan symbolinpeitteeseen, jossa tuloksena oleva signaali lisätään modulo kaksi Walshin koodiin. Tulos levitetään sitten kvadratuurivaihemoduloinnilla CDMA-kaistanleveydelle.

Kutsukanava välittää tavallisesti seuraavan tyyppiset ilmoitukset: a) järjestelmän parametri-ilmoituksen; b) yhteydenot-

toparametri-ilmoituksen; c) ympäristön luetteloilmoituksen; sekä d) CDMA-kanavan luetteloilmoituksen.

Järjestelmän parametri-ilmoitus käsittää kutsukanavan kokoonpanon, rekisteröintiparametrit sekä parametrit, jotka avustavat tarkkailukanavan löytämisessä. Yhteydenottoparametri-ilmoitus käsittää yhteydenottokanavan kokoonpanon ja yhteydenottokanavan tietotason. Ympäristön luetteloilmoitus käsittää viereisten tarkkailukanavien tunnisteet ja ympäristön PN-poikkeamat. CDMA-kanavan luetteloilmoitus välittää siihen liittyvän pilotin tunnistuksen ja Walshin koodin määräämisen.

Vokooderi 53k koodittaa puheen PCM-myötäliikenteen datavirtaan (pulssikoodimodulaation myötädatavirtaan). Myötädatavirta pannaan konvoluutiokooderiin 53l, jossa se konvoluutiokoodataan ja sitten lohkolomitetaan (lohkossa 53f). Näin syntyvä datavirta yhdistetään käyttäjän pitkäkoodilohkon 53k lähtöön. Käytäjän pitkäkoodilla erotetaan eri tilaajakanavat. Näin syntyvä datavirta teho-ohjataan sitten multiplekserissä (MUX) 53m, lisätään modulo kaksi Walshin koodiin ja levitetään sitten kvadratuurivaihemoduloinnilla CDMA-yhteyskanavan kaistanleveydelle.

Paluulinkkidemoduloinnin osalta välitinlaite 18 toimii siten, että se demoduloi CDMA-paluulinkin (-linkit). Paluulinkille on kaksi eri koodia: a) nollapoikkeaman tarkkailukoodi; ja b) pitkä koodi. Kaksi erityyppistä CDMA-paluulinkkikanavaa käyttää näitä, nimittäin yhteydenottokanava ja paluuliikennekanava.

Yhteydenottokanavaa varten välitinlaite 18 vastaanottaa ja tulkitsee purskeen yhteydenottokanavalla, joka pyytää yhteydenottoa. Yhteydenottokanavan ilmoitus sisällytetään pitkään johdantoon, jota seuraa suhteellisen pieni määrä dataa. Johdanto on päätelaitteen pitkä PN-koodi. Jokaisella päätelaitteella 13 on erilainen pitkä PN-koodi, joka kehitetään

syöttämällä erilainen aikaero PN-generaattorin yhteiseen polynomiin. Kun välitinlaite 18 on vastaanottanut yhteydenottokyselyn, se lähettää ilmoituksen myötälinkkikutsukanavalla (lohkot 53e, 53i, 53j) ilmoittaen vastaanottaneensa yhteydenottokyselyn ja osoittaneensa Walshin koodikanavan liikennekanavan perustamiseksi. Välitinlaite 18 määrää myös kanavaelementin ja sekä päätelaite 13 että välitinlaite 18 kytkeytyvät osoitettuun kanavaelementtiin ja aloittavat kaksisuuntaisen viestinnän.

Paluuliikennekanava kehitetään päätelaitteessa 13 konvoluutiokoodaamalla paikallisesta tietolähteestä tai päätelaitteen vokooderista tuleva digitaalinen data. Tiedot lohkolomitetaan sitten ennakolta määritetyin aikavälein ja pannaan 128-kantaiseen modulaattoriin ja tietopurskeen hajauttajaan törmäysten vähentämiseksi. Data lisätään sitten PN-nollapoikkeamakoodiin ja lähetetään yhden tai useamman satelliitin 12 kautta välitinlaitteeseen 18.

Välitinlaite 18 käsittelee paluulinkin esim. nopealla Hadamard-muunnoksella (Fast Hadamard Transform FHT), jolla se demoduloi 128-kantaisen Walshin koodin ja toimittaa demoduloidut tiedot monitieyhdistimeen.

Edellä oleva selitys on kuvannut viestintäjärjestelmän 10 ensisijaista suoritusmuotoa. Nyt kuvaamme antennirakenteen 70 ensisijaisia suoritusmuotoja ja niihin liittyvää elektroniikkaa, jolla vastaanotetaan ja lähetetään yhteyssignaaleja päätelaitteen 68 (kuvio 1) ja yhden tai useamman satelliitin 12 välillä.

Eräs antennirakenteen 70 tärkeä puoli on, että se mahdollistaa samanaikaisen viestinnän kahden tai useamman satelliitin 12 kanssa. Tätä helpotetaan siten, että päätelaite 68 varustetaan monihaaraisella hajaspektrivastaanottimella 68a. Tällainen monihaarainen SS-vastaanotin tunnetaan tekniikassa rake-vastaanottimena. Edellä mainitun, Amesille myönnetyn US-

patentin nro 5 233 626 kuvioissa 2 ja 4 esitetään yleisesti eräs sopiva vastaanotintyyppi. Tämän tyyppisen vastaanottimen käyttö mahdollistaa hajaspektrisignaalien samanaikaisen vastaanoton kahdesta tai useammasta lähteestä sekä näiden signaalien digitaalisen yhdistelyn monitievastaanottomoodissa. Vastaanotin 68a tasaa erilaisten tulosignaalien Dopplerin taajuuspoikkeamien eroavuudet, jotka johtuvat satelliitin liikkeestä, eroista etenemisviiveissä sekä eroista vaihesiirrossa. Kunkin samanaikaisesti vastaanotetun signaalin lähteen tunnistaminen on mahdollista käyttämällä kullakin satelliittilähettimellä erilaisia PN-poikkeamia, kuten aikaisemmin kerrottiin. Näin aikaansaadaan parannettu signaali/kohinasuhde ja signaali/häiriösuhde vain yhden signaalin vastaanotossa.

Viittaamme kuvioihin 6 ja 7, jotka esittävät erään etusijalla olevan suoritusmuodon antennirakenteesta 70. Antennirakenne 70 käsittää suurvahvistusantennin 71 ja vertailuantennin 73. Suurvahvistusantenni 71 käsittää seitsemän erillistä antennin alirakennetta, joista pystysuoraan (V) suunnattu antennin alirakenne on merkitty numerolla 72, ja muut (6) antennin alirakenteet 74 on sijoitettu ennakolta määritettyyn kulmaan (θ) pystysuoran antennin alirakenteen 72 suhteen. Kun antennirakenne 70 asennetaan, alirakenteeet 74 suunnataan siten, että ne ovat pohjoista (N), koillista (NE), kaakkoa (SE), etelää (S), lounasta (SW) ja luodetta (NW) kohti. Kukin antennin alirakenne 72 ja 74 käsittää yhden tai useamman antennielementin 76. Antennielementit 76 voivat olla torviantenneja tai jotain muita sopivia, keskinkertaisen vahvistuksen omaavia antenneja, esim. tasoantenneja tai tasoantenniryhmiä, kuten kuviossa 6 esitetään. Esitetyssä suoritusmuodossa käsittää jokainen antennin alirakenne 72 ja 74 neljä toisiinsa kytkettyä antennielementtiä 76. Eri elementtien keskipisteiden välinen etäisyys on edullisimmin jokin kerrannainen halutusta aallonpituudesta (-pituuksista). Keskipisteiden välinen etäisyys on esim. alueella, joka on keskimäärin 0,5 - 0,8 kertaa aallonpituus λ. Mitä suurempi etäisyys, sitä suurempi

on tavallisesti vahvistus. Mutta jos etäisyyttä suurennetaan, suurenee myös sivukeilojen amplitudi. Jos antennin alirakenteen 72 kokonaispituus on esim. 0,5 m, on antennielementtien välinen etäisyys 10,6 cm (0,8 λ), ja kunkin elementin 76 läpimitta on keskimäärin 5 cm. Suurvahvistusantenni 71 asennetaan mastoon 82 edullisimmin siten, että antennin alirakenteen 72 yläpinta on kohtisuorassa maan pinnan normaaliin nähden. Vertailuantenni 73 käsittää esim. yhden antennielementin 80, joka on myös kohtisuorassa maan pinnan normaaliin nähden.

Kulma θ on edullisimmin keskimäärin välillä 30°- 60° ja valittu kulma on keilan muodon funktio. Kulma valitaan myös siten, että se aikaansaa niin suuren vahvistuksen kuin mahdollista satelliitille, joka on suunnattu keskimäärin 10°-90° elevaatiokulmaan (huippukohta). 45° kulman on havaittu antavan tyydyttäviä tuloksia, kuten selostetaan tuonnempana kuvion 10 yhteydessä.

Tulee ymmärtää, että alirakenteiden 74 ei välttämättä tarvitse koskettaa alirakenteita 72 tai olla niiden vieressä. Kuviosta 12 esimerkiksi ilmenee, että yksi tai useampi alirakenne 74 voidaan asettaa satunnaisen etäisyyden D päähän alirakenteen 72 reunoista, kunhan vain edellä kuvatut, eri alirakenteiden väliset kulmasuhteet säilyvät.

Edellä olevan selityksen valossa voidaan todeta, että keksinnön eräs näkökohta on antenni, joka käsittää ensimmäisen alirakenteen 72, jonka päätaso on suunnattu ensimmäiseen kulmaan (esim. 90°) maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin (normaalin) suhteen. Antenni 70 käsittää myös useita N (esim. kuusi) toisia alirakenteita 74, joista kullakin on paikallinen päätaso, joka on asetettu toiseen kulmaan (esim. 45°) ensimmäisen alirakenteen päätasoon nähden. Jokaisella alirakenteella 74 on paikallisesta päätasosta ulospäin osoittava normaali, joka on suunnattu kolmanteen kulmaan (esim. 60°) akselin ympäri viereisen alirakenteen 74 ulospäin osoit-

tavasta normaalista. Edelleen esim. N:llä ja näin ollen myös kolmannella kulmalla voi olla erilaiset arvot, esim. 8 ja 45° vastaavasti. Jokaisen alirakenteen 74 ulospäin osoittava normaali on asetettu siten, että se osoittaa akselista poispäin.

Keksinnön etusijalla olevassa suoritusmuodossa alirakenteet 72, 74 sekä myös vertailuantennielementin 80 tuki 78 on rakennettu kuparilla päällystetystä lasikuidusta tai teflonista.

Esitetyssä suoritusmuodossa on antennin alirakenne 72 kuusikulmion muotoinen ja se on suunnattu pystysuoraan. Kuusi alirakennetta 74 on järjestetty pystysuoran alirakenteen 72 reunojen tuntumaan 60° segmentin suuntakulmaan, ja ne ovat kallellaan kulman θ verran, jotta niiden keilan huippu asettuu 45° elevaatiokulmaan. Kulmaan asetettujen alirakenteiden 74 tarkka lukumäärä on kompromissi suuremman kuuluvuusalueen ja monimutkaisuuden/kustannusten välillä. Kun on käytetty kuutta alirakennetta 74, jotka on suunnattu mainittuihin suuntiin, on satelliittien 12 kiertoradoilla saatu tyydyttäviä tuloksia, kuten kuviossa 11 yleisesti esitetään. Kuviossa 11 esitetään yhden satelliitin 12 maarata, sekä myös kuuden esimerkkinä olevan pistekeilan radat (15° näkökenttä).

Keksinnön yhdessä suoritusmuodossa käytetään antennirakennetta 70 satelliitin 12 rata- ja liiketietoihin tukeutuen siten, että voidaan tehdä suhteellisen yksinkertainen määritys siitä, mikä elementeistä 76 ja alirakenteista 72, 74 valitaan minäkin ajankohtana, jotta vastaanottimeen 68a saadaan paras mahdollinen vahvistus. Käytössä yhden alirakenteen 72, 74 elementit 76 kytketään vastaanottimeen 68a jonain määrättynä ajankohtana, kun taas pystysuoraan osoittava vertailuantennielementti on aina kytkettynä vastaanottimeen 68a.

Kuvio 10 esittää antennirakenteen 70 otaksutun toiminnan satelliitin 12 yhteydessä, joka satelliitti kulkee esimer-

kiksi lounaasta koilliseen. Satelliitti 12 kohtaa ensin antennielementit 76, jotka on suunnattu lounaaseen ja saa vahvistuksen, joka vaihtelee keskimäärin 1 dBi:stä horisontissa (-0° elevaatiokulma) keskimäärin 11 dBi:hin 45° elevaatiokulmassa. Sitten vahvistus laskee keskimäärin 8 dBi:hin noin 70° elevaatiokulmassa, jona ajankohtana lounaaseen päin olevien antennielementtien 76 vahvistus sopii yhteen pystysuoraan osoittavien antennielementtien 76 pystysuoran keilan vahvistuksen kanssa. Kun satelliitin 12 elevaatiokulma on välillä 60°-80°, päätelaitteen 68 vastaanottimen 68a tulo (kuvio 1) kytketään lounaaseen päin olevista antennielementeistä 76 pystysuorassa oleviin antennielementteihin. Kun satelliitti 12 kulkee pystysuoraan osoittavien antennielementtien 76 keilan läpi, vahvistus kasvaa jälleen keskimäärin 11 dBi:hin ja laskee sitten takaisin keskimäärin 8 dBi:hin. Tässä vaiheessa vastaanotin 68a kytketään pystysuoraan osoittavista antennielementeistä koilliseen päin oleviin antennielementteihin 76. Kun satelliitti 12 kulkee koilliseen päin olevien antennielementtien 76 keilan läpi, kasvaa vahvistus jälleen keskimäärin 11 dBi:hin ja laskee sitten takaisin kohti 1 dBi:tä 0° elevaatiokulmassa ennen, kuin satelliitti kulkee horisontin yli.

Käytännölliset seikat, kuten esimerkiksi etenemisvaimennus, voivat rajoittaa satelliitin pienimmän mahdollisen käyttökelpoisen elevaatiokulman keskimäärin 10°ja 20° väliselle alueelle. Näissä olosuhteissa antennirakenne 70 tuottaa pienimmän mahdollisen vahvistuksen, joka on keskimäärin 7,5 dBi. Tämä vahvistus antaa satelliittiviestintäjärjestelmälle suuren hyödyn signaalin vahvuudessa ja sen avulla voidaan satelliitin tehonkulutusta pienentää.

Seuraavassa kuvataan monisatelliittitietoliikenteen piirteitä. Tämä kuvaus liittyy vastaanottotoimintoon. Tulee kuitenkin ymmärtää, että jos kuvion 8 pienikohinaiset vahvistimet (LNA) 82a ja 82b vaihdetaan tehovahvistimiin ja jos myös

signaalien kulkusuuntaa muutetaan, selostus soveltuu yhtä hyvin lähetystoimintoon.

Vertailuantenni 73 yhdistetään suurvahvistuspääantenniin 71 erillisen, pienikohinaisen vahvistimen 82b kautta, joka on ennen signaalin yhdistintä 84, jotta vältettäisiin 3 dB vahvistushäviö, joka on tyypillistä silloin, kun antennit yhdistetään suoraan. Yhdistimenä 84 voidaan käyttää esimerkiksi hyvin tunnettua Wilkinsonin hybridiyhdistintä. Erillisen pienikohinaisen vahvistimen 82b käyttö pitää näin yllä vertailuantennin 73 herkkyyttä. Vastaanotin 68a, johon kuviossa 8 viitataan ja joka vastaanottaa yhdistimen 84 lähdön, on edullisimmin monihaarainen vastaanotin, joka kykenee samanaikaisesti vastaanottamaan, erottamaan ja demoduloimaan useita hajaspektrilähetyksiä. Eräs sopiva, ensisijainen monihaarainen hajaspektrivastaanotin on kuvattu edellä mainitussa US-patentissa nro. 5 233 626, joka on myönnetty Amesille ja joka on liitetty tähän kokonaisuudessaan viittauksin. Tulee kuitenkin ymmärtää, että juuri tämän SS-vastaanottimen käyttö ei rajoita keksinnön soveltamista ja että muita SS-vastaanottimia, joilla on erilainen arkkitehtuuri, voidaan myös käyttää.

Vertailuantenni 73 vastaanottaa yhden tai useamman ei tietoliikennekäytössä olevan signaalin satelliiteista 12. Koska vertailuantenni 73 on ympärisäteilevä sen johdosta, että se on suunnattu pystysuoraan, näiden vastaanotettujen, ei tietoliikennekäytössä olevien signaalien voimakkuus on tyypillisesti pienempi kuin käytössä olevan signaalin, joka kantaa meneillään olevaa yhteyttä, kuten esim. puheyhteyttä. Keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa vertailuantenni 73 vastaanottaa edellä mainitut tarkkailusignaalit, joita lähetetään kaikista niistä satelliiteista 12, jotka ovat antennirakenteen 70 näkökentässä. Ainoa käytännön rajoitus niiden tarkkailusignaalien lukumäärälle, jotka voidaan vastaanottaa samanaikaisesti, on niiden satelliittien 12 lukumäärä, jotka ovat samanaikaisesti vertailuantennin 73 näkökentässä, sekä

myös niiden haarojen tai kanavien lukumäärä, jotka vastaanottimella 68a on käytössään lukkiutuakseen vastaanotettuihin tarkkailusignaaleihin. Tulee muistaa, että vähintään yksi haara tarvitaan vastaanottamaan ja kokoamaan menossa oleva yhteys.

Muilta satelliiteilta 12 tulleiden tahdistussignaalien läsnäolo sallii järjestelmän 10 siirtää vastaanottimen 68a "käytössä olevalta" satelliitilta 12 yhteen niistä muista, jonka tarkkailusignaalia myös juuri vastaanotetaan. Tämä on kanavanvaihtotoimenpide ja se saadaan aikaan kytkemällä suurvahvistusantenni 71 käytössä olevasta satelliitista 12 johonkin toiseen satelliittin, jonka elevaatiokulma on edullisimmin kasvamassa. Nousevan satelliitin tunnistus voidaan määrittää sen rata- ja liiketiedoista, jotka on tallennettu päätelaitteeseen 68 tai muuten tämän käytettävissä.

Tulee ymmärtää, että tarkkailusignaalikanavan käyttö ei ole välttämätöntä, ja että joissakin suoritusmuodoissa voidaan käyttää jotain toista, tahdistussignaalia välittävää kanavaa.

Kuvio 9A on lohkokaavio antennirakenteesta 70 ja se esittää, kuinka kunkin seitsemän alirakenteen 72 ja 74 elementtien 76 lähdöt syötetään kytkimeen 86, joka vastaanottaa kytkinohjaussignaalin päätelaitteen 68 ohjaimesta.

Kuten esimerkiksi kuviossa 9B esitetään, kytkin 86 voi käsittää useita pin-diodikytkimiä 86a, jotka ovat tyypiltään tekniikassa hyvin tunnettuja. Kun päätelaitteen kytkinohjain 87 vastaanottaa signaalin ainoastaan yhdestä satelliitista, se valitsee yhden ryhmän elementtejä 76 yhdestä alirakenteesta syötettäväksi pienikohinaisen vahvistimen 82a tuloon (kuvio 8) panemalla yhteen pin-diodiin 86a sopivan esijännitteen yhdestä signaalijohdosta 87a.

Siirtyminen ensimmäisestä satelliitista toiseen satelliittiin on käyttäjän kannalta hyvin tasaista ja huomaamatonta sen

tähden, että tahdistuskanava (esim. tarkkailukanava) vastaanotetaan toisesta satelliitista 12, ja koska päätelaitteen 68 vastaanotin 68a on jo lukkiutunut tähän tahdistuskanavaan ja seuraa sitä samalla, kun se vastaanottaa yhteyssignaalia ensimmäisestä, käytössä olevasta satelliitista 12.

Sen jälkeen, kun siirtymä (kanavanvaihto) ensimmäisestä satelliitista toiseen on tapahtunut, vertailuantenni 73 vastaanottaa todennäköisesti tarkkailusignaalia kolmannesta satelliitista. Kuten aikaisemminkin, vastaanotin 68a pannaan varaamaan haara juuri vastaanotetulle tahdistussignaalille ja se suuntautuu ja lukkiutuu lopulta tähän signaaliin samalla, kun se vastaanottaa yhteyttä toisesta satelliitista. Edellä selostettu prosessi toistuu hieman myöhemmin ja siirtää yhteyden toisesta satelliitista kolmanteen satelliittiin.

Periaatteessa tämä prosessi voi jatkua rajattoman kauan, kun "uudet" satelliitit tulevat näkyviin horisontissa ja "vanhat" satelliitit katoavat horisontin taakse.

Tämä monitievastaanottotekniikka antaa useita etuja edellä kuvatun, huomaamattoman kanavanvaihdon lisäksi. Ensimmäinen etu saadaan silloin, kun käytössä olevan satelliitin signaalireitille sattuu este tai signaali häviää jostain syystä. Tässä tapauksessa järjestelmä 10 voi kytkeä suurvahvistusantennin 71 nopeasti parempilaatuiseen signaaliin, joka tulee eri satelliitista, jonka tarkkailukanava on jo saatu ja jota juuri seurataan.

Toinen etu on se, että satelliittijärjestelmän koko viestintäkapasiteetti kasvaa, kun käytetään satelliittia, joka lähettää voimakkainta signaalia. Se tarkoittaa sitä, että kun käytetään voimakkainta signaalia, sen satelliitin kokonaistehontarve pienenee, joka juuri lähettää tätä signaalia, jolloin muut käyttäjät saavat käyttöönsä lisää tehoa.

Viittaamme kuvioon 13, joka esittää keksinnön vielä yhden suoritusmuodon, joka ei vaadi satelliitin rata- ja liiketietoja tai jota käytetään niiden yhteydessä. Tässä suoritusmuodossa havaitaan siis vastaanottoantennijärjestelmällä satelliitin suhteellinen signaalin voimakkuus eri antennilohkoissa ottamalla näyte alas-suunnan linkin signaalin voimakkuudesta jokaisella lohkolla ennen kuin signaali saavuttaa pin-diodikytkimen 86, ja verrataan sitten signaalien suhteellisia voimakkuuksia. Oletettavasti signaali on voimakkain siinä antennissa, jota juuri käytetään. Jos kuitenkin havaitaan, että signaalin voimakkuus jossain toisessa alirakenteessa (72, 74) kasvaa siten, että se lähenee käytössä olevan alirakenteen voimakkuutta, tämä osoittaa, että vastaanotin voidaan pian kytkeä tähän antennilohkoon. Vastaanotettujen signaalien jatkuva tarkkailu mahdollistaa sen, että kytkennän vaihto voidaan suorittaa, kun signaalit juuri käytössä olevassa antennissa sekä uudessa mahdollisessa antennissa ovat keskimäärin yhtä voimakkaat. Tämä suoritusmuoto käyttää erilaista vastaanotinta kuin se, jota käytetään viestintään, mutta erillisen vastaanottimen tarvitsee ainoastaan tulkita SS-CDMA-signaali ja antaa lähtöilmausjännite, joka korreloidaan sen antennilohkon kanssa, jota tarkastellaan tänä ajankohtana.

Niistä antennielementeistä 76, jotka on asetettu eri alirakenteisiin (72, 74), vastaanotettujen signaalien näytteenotto voidaan suorittaa useilla kytkimillä 89, jotka syöttävät pin-diodeja 86a ja myös toista sarjaa pin-diodeja (86a'). Voi siis olla hyvä kytkeä antennin valintajärjestelmä irti pääantennin pin-diodikytkimistä 86a suuntakytkimillä 89. Pin-diodit 86a' suuntautuvat yhteen toisessa hybridiyhdistimessä 84', joka syötetään antennin näytteenotto- ja ohjausvastaanottimeen 91. Pin-diodit 86a' skannataan edullisimmin antennia suuntaavan pin-diodiohjaimen 87' kautta toistuvalla kuviolla, esim. "V-SW-NW-N-NE-SE-S" (pystysuora-lounas-luode-pohjoinen-koillinen-kaakko-etelä), ja vastaanotetun signaalin voimakkuus tallennetaan kussakin antennin asemassa ja verra-

taan ennakolta määritettyyn kynnysarvoon, kuten esim. tallennettuun arvoon ja/tai jonkin toisen alirakenteen (72, 74) antennielementistä (-elementeistä) 76 mitattuun arvoon. Vertailutuloksella valitaan sitten toinen antennielementti 76 tai toinen alirakenne (72, 74) ja sillä määritetään myös paras mahdollinen aika, jolloin yhteysvastaanotin kytketään toisen alirakenteen (72, 74) antennielementtiin (-elementteihin) 76.

Sen lisäksi, että keksinnön tämä suoritusmuoto ennustaa käytössä olevan satelliitin 12 liikkeen, se pystyy myös havaitsemaan toisen (vielä yhden) satelliitin, joka on tulossa antennirakenteen 70 näkökenttään. Kun tämän toisen satelliitin vastaanotetun signaalin voimakkuuden havaitaan ylittävän viestinnässä sillä hetkellä käytettävästä satelliitista vastaanotetun signaalin voimakkuus, tämä osoittaa, että on aika vaihtaa satelliitteja. Aikaisemmin kuvattu seurantaprosessi toistetaan sitten tälle vasta suunnatulle satelliitille.

Satelliittien seuranta ja suuntaus voidaan lisäksi suorittaa käyttämällä sekä ennustettua satelliitin elevaatiokulmaa että atsimuuttikulmaa satelliitin rata- ja liiketietojen pohjalta sekä myös vastaanotetun signaalin voimakkuuden perusteella, kuten edellä on pääpiirteittäin esitetty. Esimerkkinä mainittakoon, että satelliitin rata- ja liiketietojen avulla voidaan valita alirakenne 74, kun ensin aletaan etsiä satelliittia, kun taas vastaanotetun signaalin voimakkuuden avulla jäljitetään satelliitin asema myöhemmin, kun se etenee kiertoradallaan antennirakenteen 70 suhteen.

Edellä olevan kuvauksen perusteella voidaan ymmärtää, että keksintö antaa varusteeksi yksinkertaisen ja kustannuksiltaan pienen suurvahvistusantennijärjestelmän, joka pystyy lähettämään satelliitille ja vastaanottamaan siltä monessa eri elevaatiokulmassa. Antennijärjestelmä ei tarvitse liikkuvia osia, joilla seurataan liikkuvaa satelliittia, vaan se käyttää sen sijaan elektronista kytkinjärjestelyä, joka valikoi-

den kytkee antennielementit vastaanottimeen tuloon tai lähettimen lähtöön. Antennijärjestelmä mahdollistaa lisäksi sen, että yhteyssignaali voidaan vastaanottaa samanaikaisesti useilta satelliiteilta ja yhdistää edellä mainitussa monitievastaanoton toimintamoodissa. Yhteyssignaali voidaan myös vastaanottaa ja jäljittää yhdeltä satelliitilta, kun samalla voidaan vastaanottaa ei tietoliikennekäytössä olevia tahdistussignaaleja, kuten tarkkailukanavia yhdeltä tai useammalta satelliitilta.

On odotettavissa, että edellä kuvattua antennijärjestelmää ja -rakennetta voidaan muuntaa monella eri tavalla. Jokaiseen alirakenteeseen 72 ja 74 voidaan panna esimerkiksi enemmän tai vähemmän kuin neljä elementtiä 76. Vertailuantennielementti 80 voitaisiin myös esimerkiksi asettaa alirakenteeseen 72, kuten kuviossa 6 esitetään elementtinä 80', kunhan vain antennielementteihin 76 ei aiheuteta häiriötilaa.

Lisäksi edellä esitetty lounaan, pystysuoran suunnan ja koillisen seurantaesimerkki on tehty sellaisen satelliitin yhteydessä, joka kulkee tarkalleen pystysuoran antennin alirakenteen 72 yli (suoraan yläpuolelta tapahtuva ohitus tai ohitus suuressa elevaatiokulmassa). Pienessä elevaatiokulmassa tapahtuvaan satelliitin kulkuun tarvitaan kuitenkin ainoastaan yksi tai useampi alirakenne 74, esim. etelään (S) ja kaakkoon (SE) päin olevat alirakenteet 74. Jotain muuta satelliitin kulkua varten voidaan valita esim. satelliitin elevaatiosta ja atsimuuttikulmasta riippuen antennielementit, jotka liittyvät lounaaseen (SW), pystysuoraan (V), luoteeseen (NW) ja pohjoiseen (N) päin oleviin alirakenteisiin 74 tai antennielementit, jotka liittyvät lounaaseen (SW), luoteeseen (NW), pohjoiseen (N) ja koilliseen (NE) päin oleviin alirakenteisiin 74.

Kun keksintö on siis esitetty ja kuvattu erityisesti ensisijaisten suoritusmuotojen osalta, alan ammattilaisille on

selvää, että muotoa ja yksityiskohtia voidaan muuttaa ilman, että poiketaan keksinnön suoja-alasta ja olemuksesta.

Patenttivaatimukset

1. Antennijärjestelmä, jolla päätelaite kytketään matalan kiertoradan satelliittiryhmittymän useaan satelliittiin kunkin satelliitin näkyessä määrätyssä elevaatiokulmassa määrättynä ajankohtana niiden ollessa päätelaitteen näkökentässä, **tunnettu** siitä, että se käsittää:

ensimmäisen alirakenteen, jonka päätaso on suunnattu ensimmäiseen kulmaan maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen;

määrän N toisia alirakenteita, joista kullakin on paikallinen päätaso, joka on asetettu toiseen kulmaan mainitun ensimmäisen alirakenteen mainittuun päätasoon nähden, ja kullakin N-määrästä alirakenteita on normaali, joka osoittaa ulospäin mainitusta paikallisesta päätasosta ja joka on suunnattu kolmanteen kulmaan mainitun akselin ympäri tietyn viereisen alirakenteen ulospäin osoittavasta normaalista, ja mainittu, kunkin alirakenteen ulospäin osoittava normaali on sijoitettu siten, että se osoittaa poispäin mainitusta akselista; ja

vähintään yhden antennielementin, jota mainittu ensimmäinen alirakenne ja jokainen N-määrän toinen alirakenne kannattavat, jolloin mainitun ensimmäisen alirakenteen ja vähintään joidenkin mainituista N-määrän toisista alirakenteista antennielementit mahdollistavat hajaspektritiedonvälityksen mainitun päätelaitteen ja vähintään yhden matalan kiertoradan satelliitin välillä mainitun matalan kiertoradan satelliittin monessa eri elevaatiokulmassa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen kulma on noin 90° ja mainittu toinen kulma on suunnilleen alueella 30°-60°.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu kolmas kulma on noin 60° ja N on kuusi.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu kolmas kulma on noin 45° ja N on kahdeksan.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että siinä on useita mainittuja antennielementtejä, joita kukin mainittu alirakenne kannattaa, ja erilliset antennielementit on sijoitettu sellaisen välimatkan päähän toisistaan, joka on halutun aallonpituuden funktio.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että siinä on useita mainittuja antennielementtejä, joita kukin mainittu alirakenne kannattaa, ja erilliset antennielementit on sijoitettu sellaisen välimatkan päähän toisistaan, joka on keskimäärin välillä 0,3 λ - 0,8 λ, jolloin λ on haluttu aallonpituus.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen vähintään yhden vertailuantennielementin, joka on suunnattu mainittuun ensimmäiseen kulmaan sen mainitun akselin suhteen, joka on kohtisuorassa maan pintaan nähden.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen alirakenne on oleellisesti tasomaisen kuusikulmion muotoinen ja kunkin mainitun erillisen, toisen alirakenteen yksi reuna on mainitun ensimmäisen alirakenteen yhden reunan vieressä.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen elimen, joka lähettää valikoiden signaalin, joka on vastaanotettu vähintään yhdestä antennielementistä, joka on sijoitetttu yhteen mainituista ensimmäisestä alirakenteesta ja mainitusta N-määrästä toisia alirakenteita.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen elimen, joka lähettää signaalin valikoiden vähintään yhteen antennielementtiin, joka on sijoitettu yhteen mainitusta ensimmäisestä alirakenteesta ja mainitusta N-määrästä toisia alirakenteita.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antennijärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen kulma on noin 90° ja erilliset mainitusta N-määrästä toisia alirakenteita on suunnattu siten, että ne ovat oleellisesti pohjoiseen (N), koilliseen (NE), kaakkoon (SE), etelään (S), lounaaseen (SW) ja luoteeseen (NW) päin, tai osaan näistä suunnista päin.

12. Viestintäjärjestelmä, joka käsittää:

matalan kiertoradan satelliittiryhmittymän, jonka erilliset satelliitit käsittävät kukin elimen, jolla vastaanotetaan useita tietoliikenteen syöttölinkkejä vähintään yhdeltä maa-asemalta, ja elimen, jolla vastaanotetut tietoliikenteen syöttölinkit lähetetään useisiin maassa sijaitseviin päätelaitteisiin; ja

vähintään yhden maa-aseman, joka käsittää elimen, joka lähettää mainitut useat tietoliikenteen syöttölinkit vähintään yhteen mainittuun satelliittiin, ja edelleen elimen, joka kytkee mainitut useat syöttölinkit maassa sijaitsevaan viestintäjärjestelmään; ja

kukin satelliitti näkyy määrätyssä elevaatiokulmassa määrättynä aikana sen ollessa yhden mainitun päätelaitteen näkökentässä;

tunnettu siitä, että mainittu päätelaite käsittää:

antennin, joka käsittää ensimmäisen alirakenteen, jonka päätaso on suunnattu ensimmäiseen kulmaan maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen; N-määrän toisia alira-

kenteita, joilla kullakin on paikallinen päätaso, joka on sijoitettu toiseen kulmaan mainitun ensimmäisen alirakenteen mainittuun päätasoon nähden; ja kullakin N-määrän alirakenteella on mainitusta paikallisesta päätasosta ulospäin osoittava normaali, joka on suunnattu kolmanteen kulmaan mainitun akselin ympäri yhden vierekkäisen mainitun alirakenteen ulospäin osoittavasta normaalista, ja kunkin mainitun N-määrän alirakenteen mainittu ulospäin osoittava normaali on sijoitettu siten, että se osoittaa poispäin mainitusta akselista; ja vähintään yhden antennielementin, jota mainittu ensimmäinen alirakenne ja kukin mainittu N-määrän toinen alirakenne kannattavat, jolloin mainitun ensimmäisen alirakenteen ja ainakin joidenkin mainittujen N-määrän toisten alirakenteiden antennielementit mahdollistavat hajaspektriviestinnän mainitun päätelaitteen ja vähintään yhden matalan kiertoradan satelliitin välillä mainitun matalan kiertoradan satelliitin monessa eri elevaatiokulmassa.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen viestintäjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu antenni käsittää edelleen vähintään yhden vertailuantennielementin, joka on suunnattu mainittuun ensimmäiseen kulmaan maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen; ja mainittu päätelaite käsittää edelleen monihaaraisen hajaspektrivastaanottimen, jonka tulot on kytketty mainittuihin useisiin antennielementteihin ja mainittuun ainakin yhteen vertailuantennielementtiin; ja mainittu vastaanotin käsittää elimen, joka varaa yhden mainitun haaran vastaanottamaan mainitun hajaspektriyhteyden mainitusta vähintään yhdestä matalan kiertoradan satelliitista ja joka varaa vähintään yhden muista mainituista haaroista vastaanottamaan tahdistussignaalin, joka vastaanotetaan mainitun, vähintään yhden vertailuantennielementin kautta vähintään yhdestä muusta mainitusta matalan kiertoradan satelliitista.

14. Patenttivaatimuksen 12 mukainen viestintäjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen elimen, joka valit-

see mainitun antennin lähdöksi niiden antennielementtien lähdön, jotka liittyvät yhteen mainituista ensimmäisestä ja toisista alirakenteista, ja mainittu valintaelin toimii vasteena ainakin toiseen seuraavista: mainitun ainakin yhden satelliitin ennustettu paikka ja vastaanotetun signaalin voimakkuus, joka mitataan mainituissa ensimmäisessä ja toisissa alirakenteissa.

15. Patenttivaatimuksen 12 mukainen viestintäjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen elimen, joka valitsee mainitun antennin lähdöksi niiden antennielementtien lähdön, jotka liittyvät yhteen mainituista ensimmäisestä ja toisista alirakenteista, ja mainittu valintaelin toimii vasteena ainakin mainitun, vähintään yhden satelliitin seurantasuuntaan ja elevaatiokulmaan.

16. Patenttivaatimuksen 12 mukainen viestintäjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen elimen, joka valitsee mainitun antennin lähdöksi niiden antennielementtien lähdön, jotka liittyvät yhteen mainituista ensimmäisestä tai toisista alirakenteista siten, että mainitusta, ainakin yhdestä matalan kiertoradan satelliitista tulevan mainitun hajaspektriyhteyden vastaanotto siirretään mainittuun ainakin yhteen muuhun mainittuun matalan kiertoradan satelliittiin.

17. Patenttivaatimuksen 12 mukainen viestintäjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen kulma on keskimäärin 90° ja erilliset, mainitut N-määrän toiset alirakenteet on suunnattu siten, että ne ovat oleellisesti pohjoista (N), koillista (NE), kaakkoa (SE), etelää (S), lounasta (SW) ja luodetta (NW) tai osaa näistä suunnista päin.

18. Patenttivaatimuksen 12 mukainen viestintäjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen viestintäjärjestelmän ohjauselimen, joka on kytketty kaksisuuntaisesti mainittuun, vähintään yhteen maa-asemaan datalinkin välityksellä.

19. Patenttivaatimuksen 12 mukainen viestintäjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ainakin yksi maa-asema käsittää edelleen:

elimen, joka määrittää, tuleeko mainitun hajaspektritietoliikenteen toimia päätelaitteessa monitievastaanottomoodilla ja jos tulee, elin reitittää mainitun hajaspektritietoliikenteen samanaikaisesti useiden mainittujen matalan kiertoradan satelliittien kautta.

20. Menetelmä päätelaitteen käyttämiseksi vastaanotettaessa yhteyttä vähintään yhdeltä matalan kiertoradan satelliittiryhmän satelliitilta, kun kukin satelliitti näkyy määrätyssä elevaatiokulmassa ja määrätyssä atsimuuttikulmassa määrättynä aikana sen ollesssa päätelaitteen näkökentässä, joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

valitaan ensimmäistä elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-aluetta varten antennirakenteen ensimmäinen osuus, joka vastaanottaa yhteyden; tämä ensimmäinen osuus on ensimmäisessä kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen;

valitaan toista elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-aluetta varten antennirakenteen toinen osuus, joka vastaanottaa yhteyden; tämä toinen osuus on toisessa kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen.

21. Patenttivaatimuksen 20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen vaiheen, jossa se valitaan kolmatta elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-aluetta varten antennirakenteen kolmas osuus, joka vastaanottaa yhteyden; tämä kolmas osuus on ensimmäisessä kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen.

22. Patenttivaatimuksen 20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ensimmäinen kulma on suunnilleen alueella 30° - 60°,

ja toinen kulma on joko suunnilleen alueella 30° - 60° tai se on noin 90°.

23. Patenttivaatimuksen 20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen samanaikaisesti suoritettavat vaiheet, joissa vastaanotetaan ja jäljitetään tahdistussignaali ainakin yhdestä muusta satelliittiryhmän satelliitista.

24. Patenttivaatimuksen 23 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vastaanotettu yhteys on hajaspektriyhteys, ja vastaanotto- ja seurantavaiheet käsittävät vaiheen, jossa lukkiudutaan tahdistussignaaliin, jonka lähettää tämä ainakin yksi muu satelliitti.

25. Patenttivaatimuksen 20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että jokainen valintavaihe käyttää satelliitin rata- ja liiketietoja, joiden avulla ennustetaan tämän ainakin yhden satelliitin asema.

26. Patenttivaatimuksen 20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että jokainen valintavaihe käyttää tästä ainakin yhdestä satelliitista vastaanotetun signaalin suuruutta.

27. Menetelmä päätelaitteen käyttämiseksi lähetettäessä siirrettävää tietoa ainakin yhteen matalan kiertoradan satelliittiryhmän satelliittiin, kun jokainen satelliittiryhmän satelliitti näkyy määrätyssä elevaatiokulmassa ja määrätyssä atsimuuttikulmassa määrättynä aikana sen ollessa päätelaitteen näkökentässä, joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

valitaan ensimmäistä elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-aluetta varten ensimmäinen antennirakenteen osuus, joka lähettää yhteyden; tämä ensimmäinen osuus on ensimmäisessä kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen; ja

valitaan toista elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-aluetta varten toinen antennirakenteen osuus, joka lähettää yhteyden; tämä toinen osuus on toisessa kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen.

28. Patenttivaatimuksen 27 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää edelleen vaiheen, jossa kolmatta elevaatiokulma-aluetta varten valitaan kolmas antennirakenteen osuus, joka lähettää yhteyden; tämä kolmas osuus on ensimmäisessä kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen.

29. Patenttivaatimuksen 27 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ensimmäinen kulma on suunnilleen alueella 30° - 60° ja toinen kulma on joko suunnilleen alueella 30° - 60° tai se on noin 90°.

30. Patenttivaatimuksen 27 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että jokainen valintavaihe käyttää satelliitin rata- ja liiketietoja ennustaakseen ainakin yhden satelliitin aseman.

31. Patenttivaatimuksen 27 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että jokainen valintavaihe käyttää sen signaalin suuruutta, joka on vastaanotettu tästä ainakin yhdestä satelliitista.

32. Menetelmä päätelaitteen käyttämiseksi vastaanotettaessa siirrettävää tietoa matalan kiertoradan satelliittiryhmän ainakin yhdestä satelliitista, kun jokainen satelliittiryhmän satelliitti näkyy määrätyssä elevaatiokulmassa ja määrätyssä atsimuuttikulmassa määrättynä aikana sen ollessa päätelaitteen näkökentässä, joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

valitaan ainakin yhden satelliitin ensimmäistä, ennakolta määritettyä elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-aluetta varten ensimmäisen antennirakenteen osuus yhteyden vastaanottami-

seksi; tämä ensimmäinen osuus on ensimmäisessä kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen; ja

valitaan ainakin yhden satelliitin toista, ennakolta määritettyä elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-aluetta varten toinen antennirakenteen osuus yhteyden vastaanottamiseksi; tämä toinen osuus on toisessa kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen.

33. Patenttivaatimuksen 32 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ensimmäinen kulma on suunnilleen alueella 30° - 60° ja toinen kulma on joko suunnilleen alueella 30° - 60° tai se on noin 90°.

34. Menetelmä päätelaitteen käyttämiseksi vastaanotettaessa siirrettävää tietoa matalan kiertoradan satelliittiryhmän ainakin yhdestä satelliitista, kun jokainen satelliittiryhmän satelliitti näkyy määrätyssä elevaatiokulmassa ja määrätyssä atsimuuttikulmassa määrättynä aikana sen ollessa päätelaitteen näkökentässä, joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

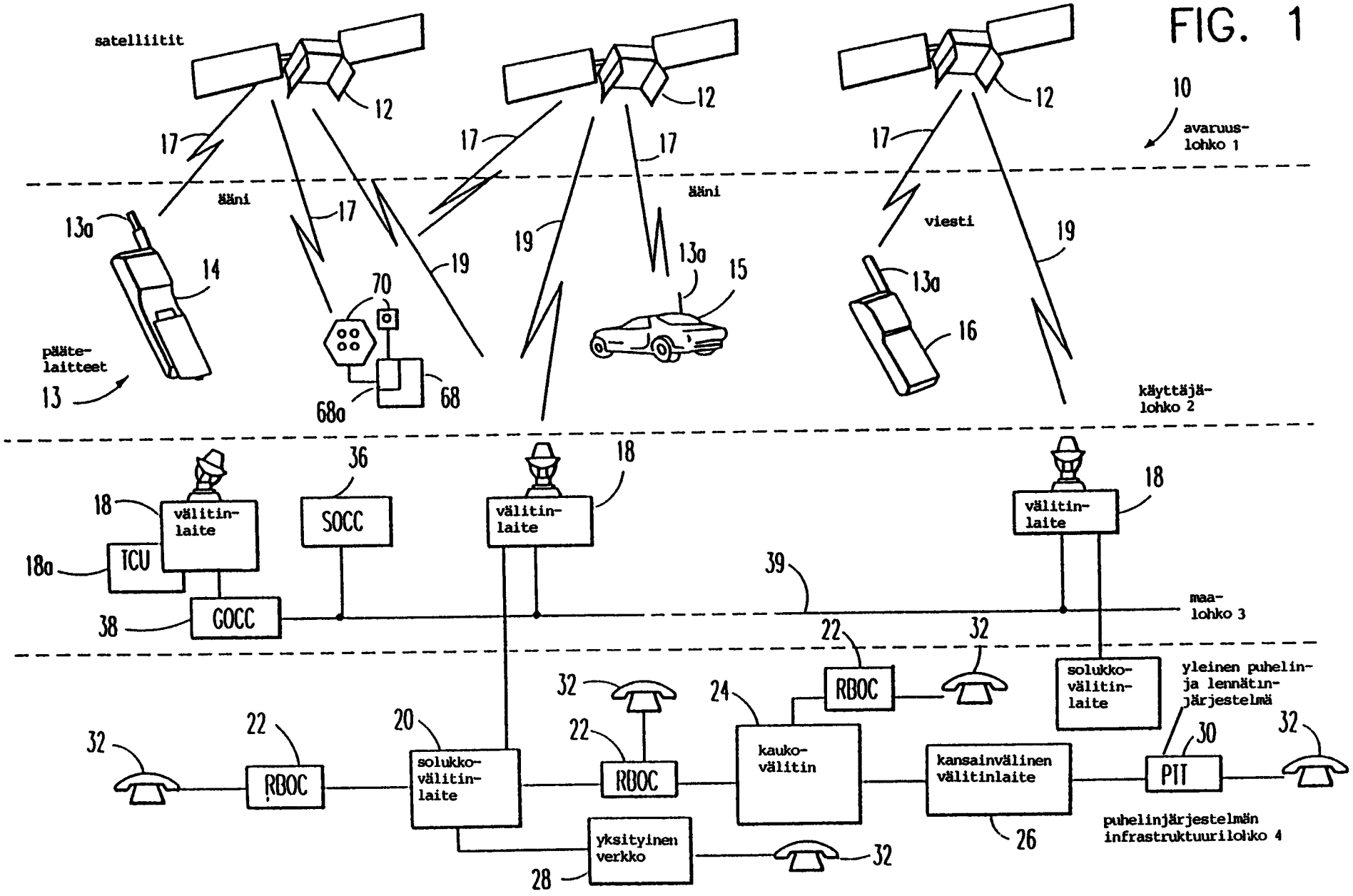
signaalin voimakkuuden mittaaminen signaalista, joka vastaanotetaan ainakin yhdestä satelliitista ainakin yhdellä useista antenneista, joista kukin on suunnattu siten, että ne vastaanottavat satelliittilähetyksen satelliitista, joka on tietyn elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-alueen rajoissa, ja määrätyt elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-alueet peittävät toisensa osittain;

ainakin yhden satelliitin ensimmäistä elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-aluetta varten, jossa mitattu signaalinvoimakkuus ylittää ennakolta määritetyn kynnysarvon, valitaan ensimmäinen antenni vastaanottamaan yhteys; ensimmäinen antenni on ensimmäisessä kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen; ja

ainakin yhden satelliitin toista elevaatiokulma- ja atsimuuttikulma-aluetta varten, jossa mitattu signaalinvoimakkuus ylittää ennakolta määritetyn kynnysarvon, valitaan toinen antenni vastaanottamaan yhteys; toinen antenni on toisessa kulmassa maan pintaan nähden kohtisuorassa olevan akselin suhteen.

35. Patenttivaatimuksen 34 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ensimmäinen kulma on suunnilleen alueella 30° - 60° ja toinen kulma on joko suunnilleen alueella 30° - 60° tai se on noin 90°.

FIG. 1


satelliitit
12
17
10
avaruus-
lohko 1
ääni
viesti
19
13a
14
15
16
70
68
68a
pääte-
laitteet
13
käyttäjä-
lohko 2
18
välitin-
laite
18a
TCU
36
SOCC
38
GOCC
39
maa-
lohko 3
22
RBOC
32
20
solukko-
välitinlaite
24
kauko-
välitin
kansainvälinen
välitinlaite
30
PIT
yleinen puhelin-
ja lennätin-
järjestelmä
26
yksityinen
verkko
28
puhelinjärjestelmän
infrastruktuurilohko 4

11-10-95 953420

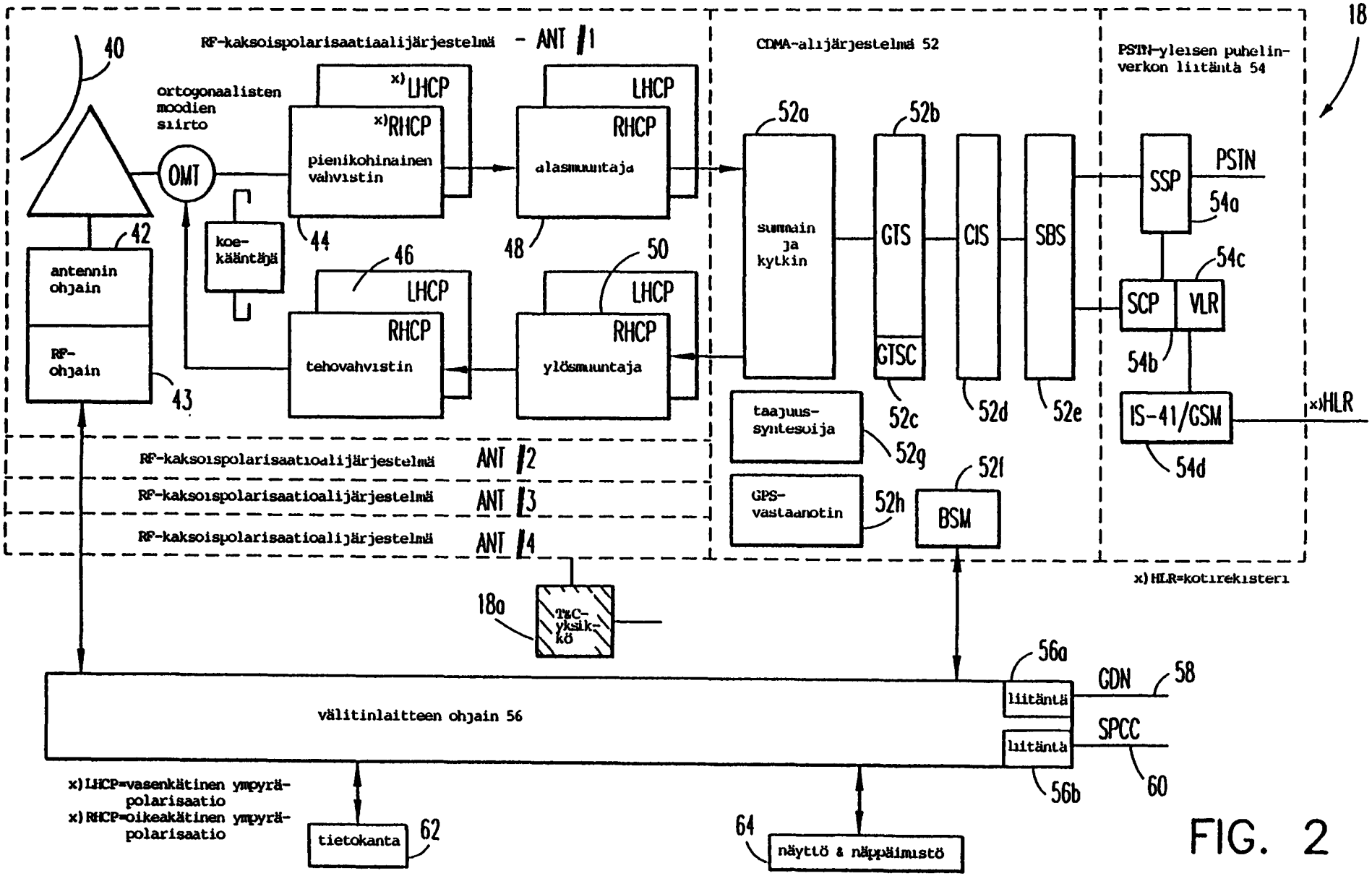


FIG. 2

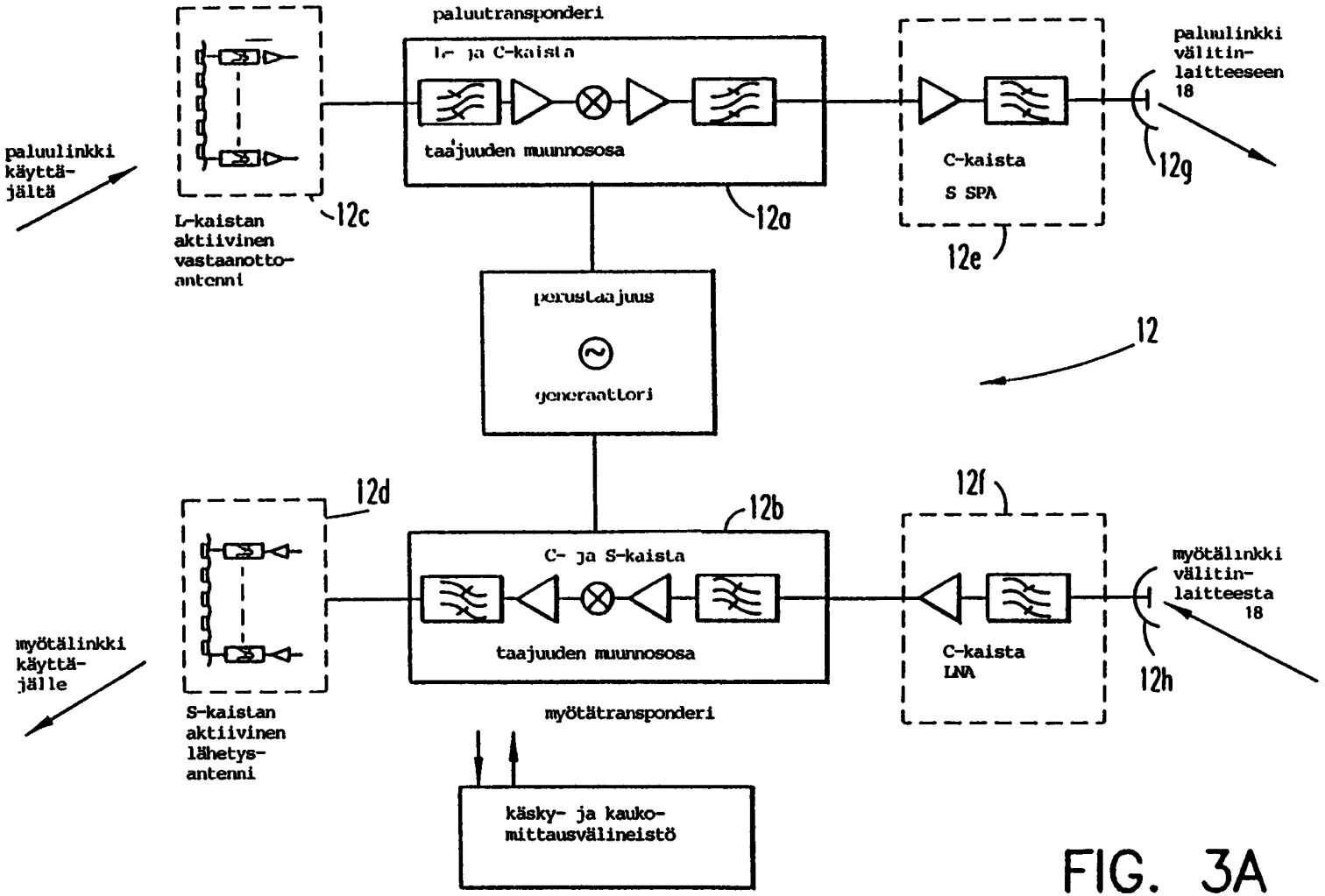

paluutransponderi
L- ja C-kaista
taajuuden muunnososa
12a
paluulinkki käyttäjältä
L-kaistan aktiivinen vastaanotto-antenni
12c
C-kaista
S SPA
12e
12g
paluulinkki välitinlaitteeseen 18
perustaajuus
generaattori
12
12d
12b
12f
C- ja S-kaista
taajuuden muunnososa
myötälinkki käyttäjälle
S-kaistan aktiivinen lähetys-antenni
myötätransponderi
C-kaista
LNA
12h
myötälinkki välitinlaitteesta 18
käsky- ja kauko-mittausvälineistö

FIG. 3A

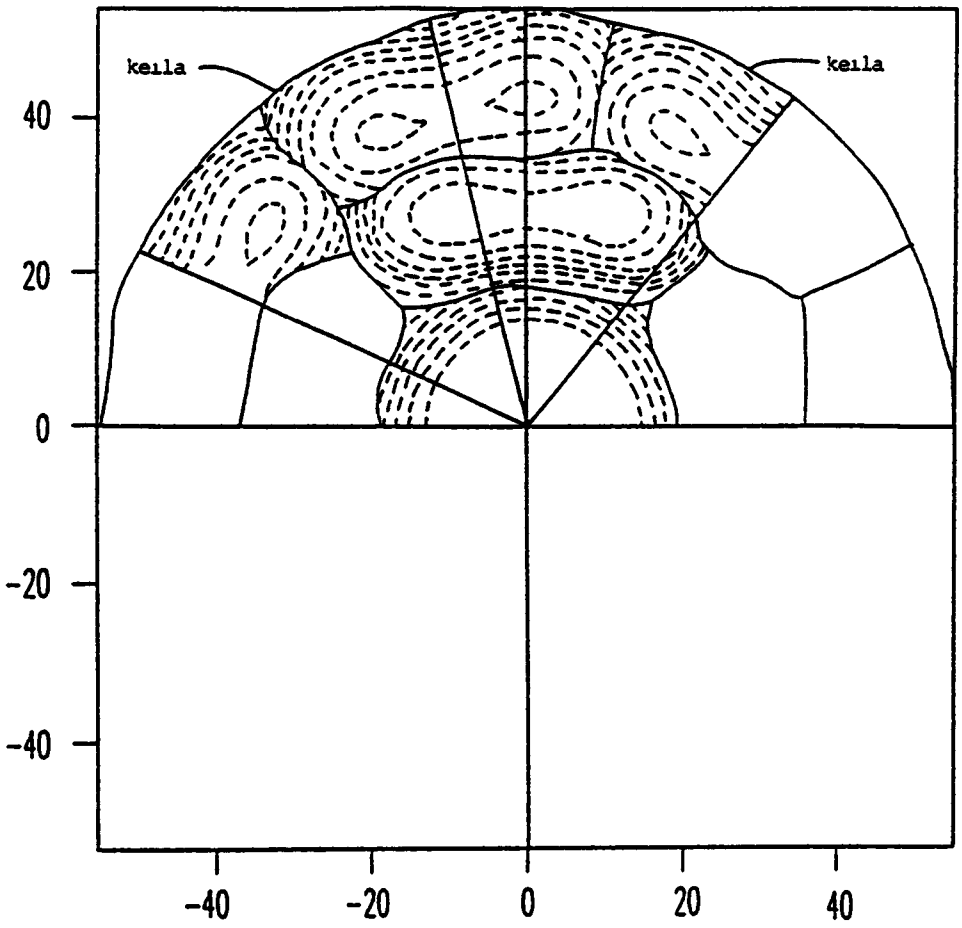

keila
keila
40
20
0
-20
-40
-40
-20
0
20
40

FIG. 3B

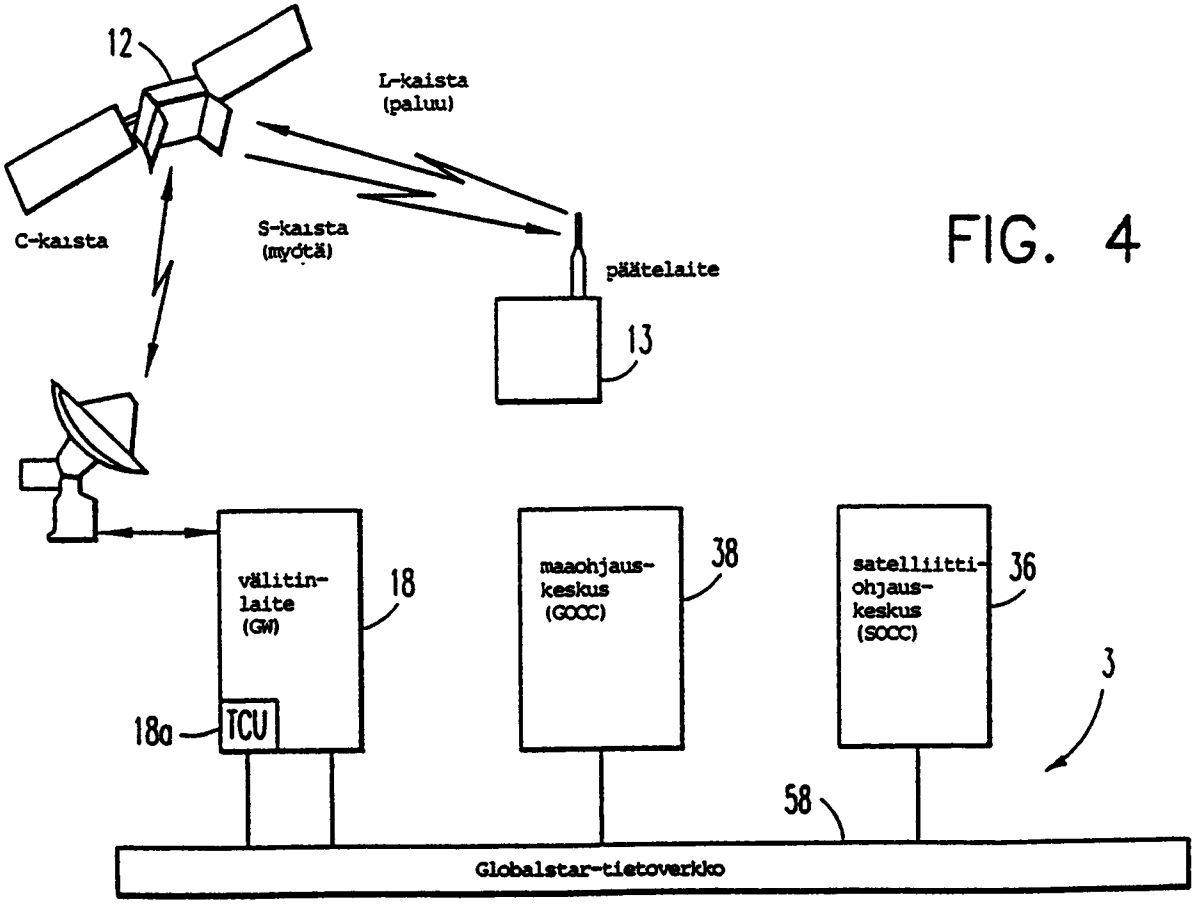
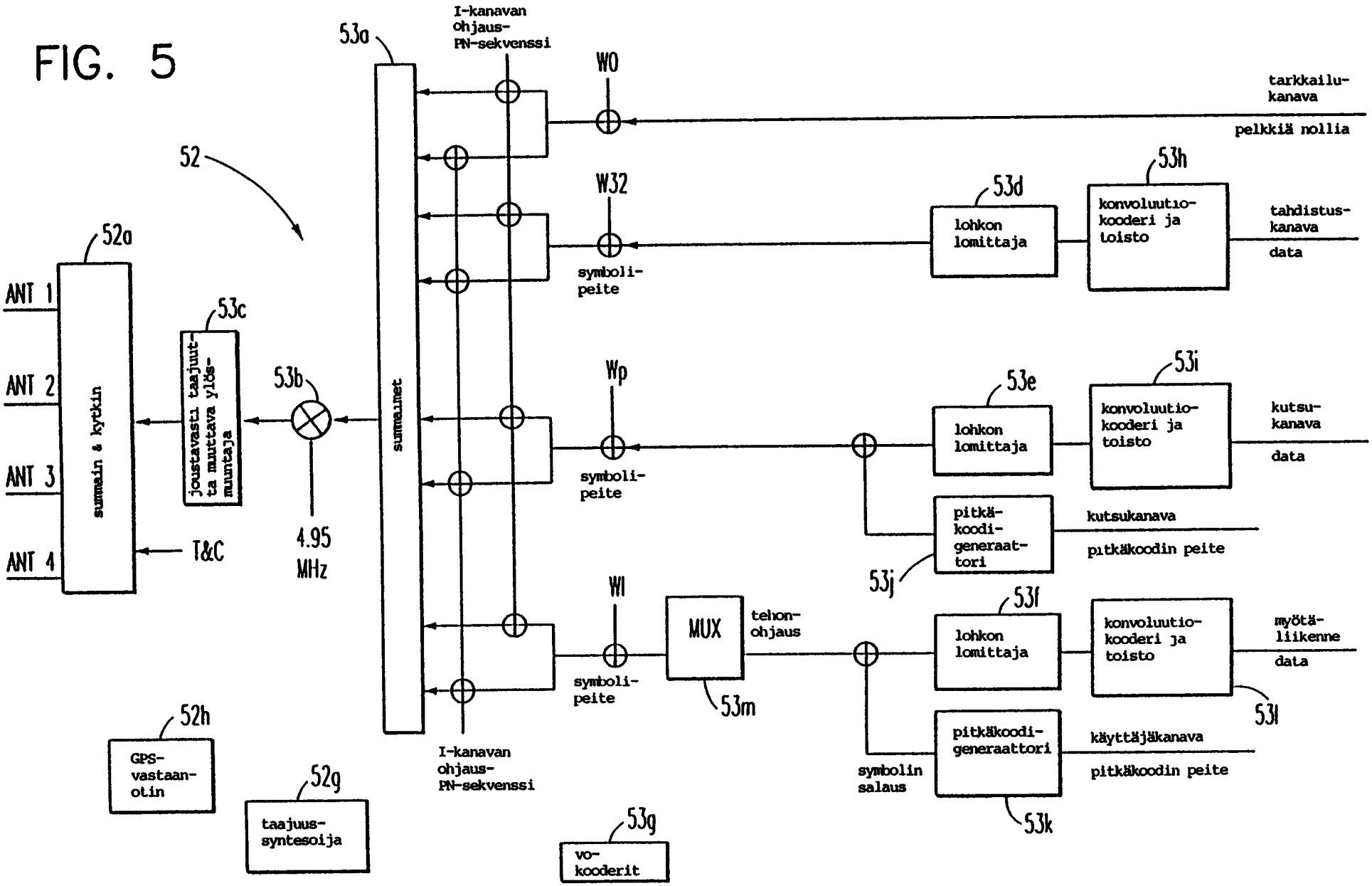

12
L-kaista
(paluu)
S-kaista
(myötä)
C-kaista
päätelaite
13
välitin-
laite
(GW)
18
18a
TCU
maaohjaus-
keskus
(GOCC)
38
satelliitti-
ohjaus-
keskus
(SOCC)
36
3
58
Globalstar-tietoverkko

FIG. 4

FIG. 5


52
52a
ANT 1
ANT 2
ANT 3
ANT 4
summain & kytkin
T&C
53c
joustavasti taajuutta muuttava ylösmuuntaja
53b
4.95 MHz
53a
summaimet
I-kanavan ohjaus-PN-sekvenssi
I-kanavan ohjaus-PN-sekvenssi
W0
W32
Wp
Wl
symboli-peite
symboli-peite
symboli-peite
MUX
53m
tehon-ohjaus
tarkkailu-kanava
pelkkiä nollia
53d
lohkon lomittaja
53h
konvoluutio-kooderi ja toisto
tahdistus-kanava
data
53e
lohkon lomittaja
53i
konvoluutio-kooderi ja toisto
kutsu-kanava
data
pitkä-koodi-generaat-tori
53j
kutsukanava
pitkäkoodin peite
53f
lohkon lomittaja
konvoluutio-kooderi ja toisto
53l
myötä-liikenne
data
pitkäkoodi-generaattori
53k
käyttäjäkanava
pitkäkoodin peite
symbolin salaus
52h
GPS-vastaan-otin
52g
taajuus-syntesoija
53g
vo-kooderit

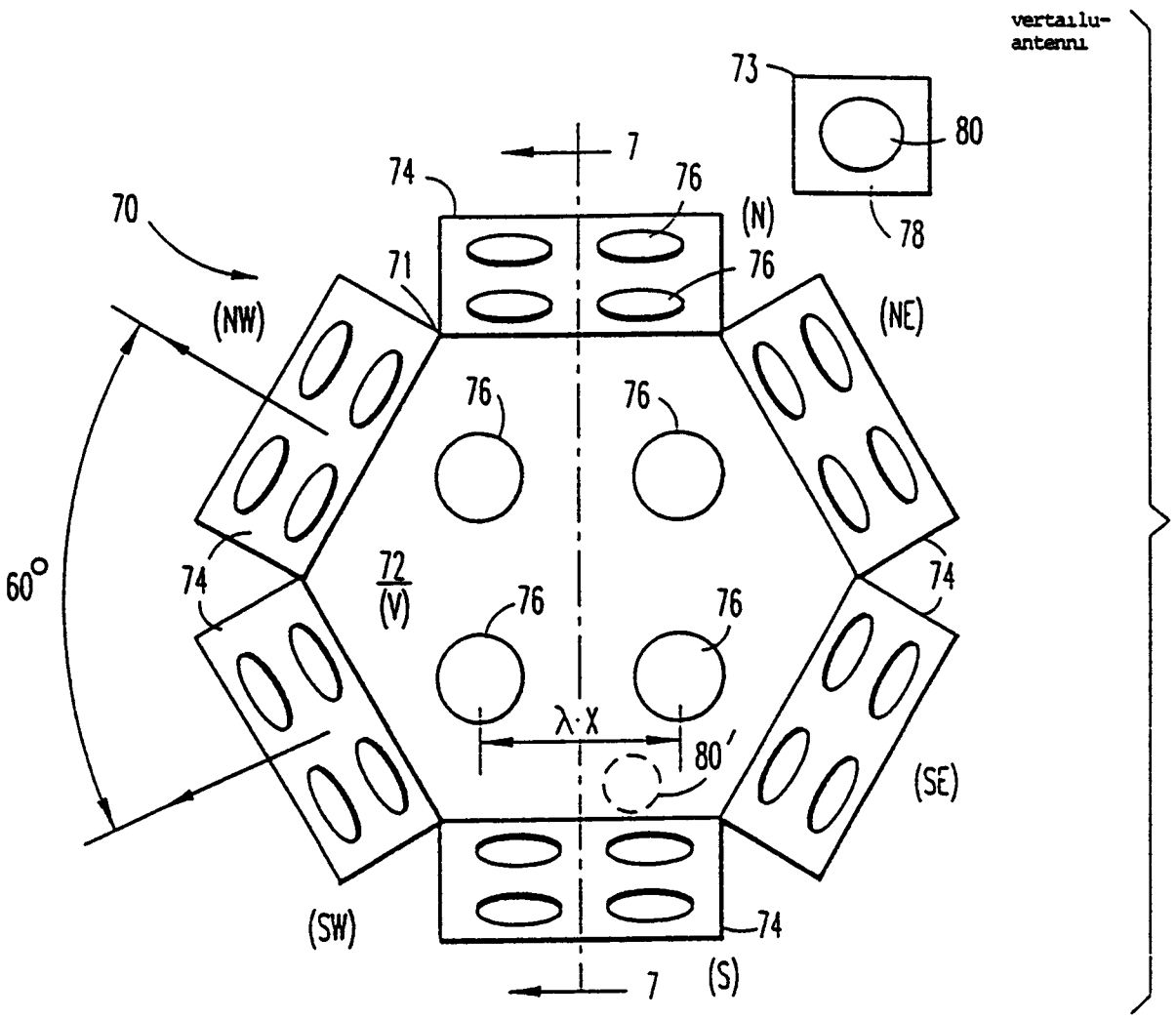

vertailu-
antenni
73
80
78
7
74
76
70
(N)
71
76
(NW)
(NE)
76
76
60°
74
72
(V)
74
76
76
λ·X
80'
(SE)
(SW)
74
7
(S)

FIG. 6

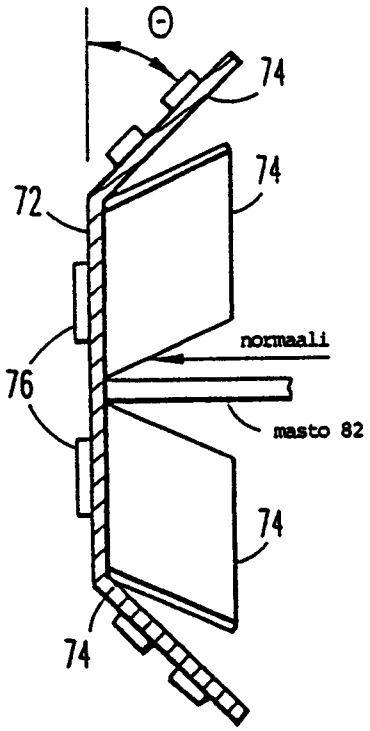

Θ
74
74
72
normaali
76
masto 82
74
74

FIG. 7

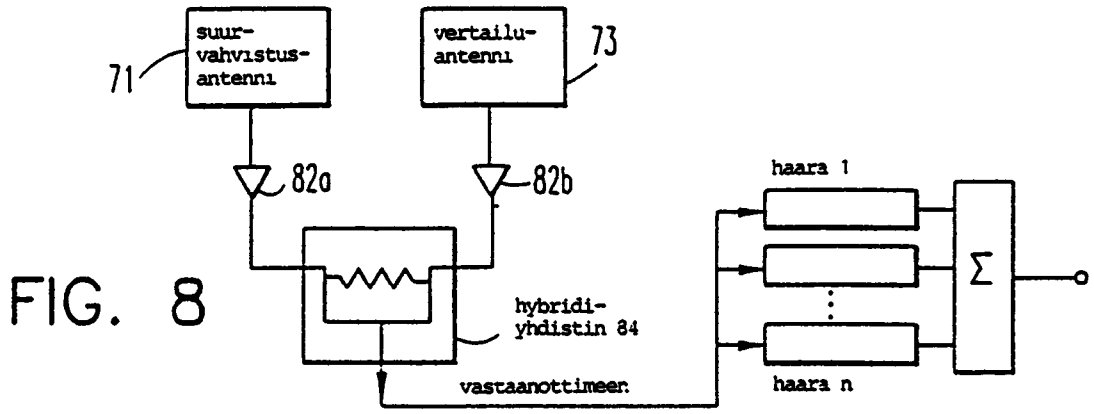


FIG. 8

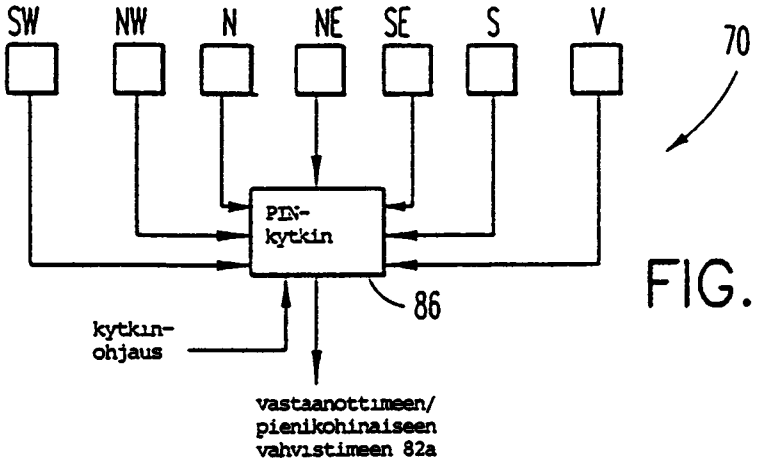


FIG. 9A

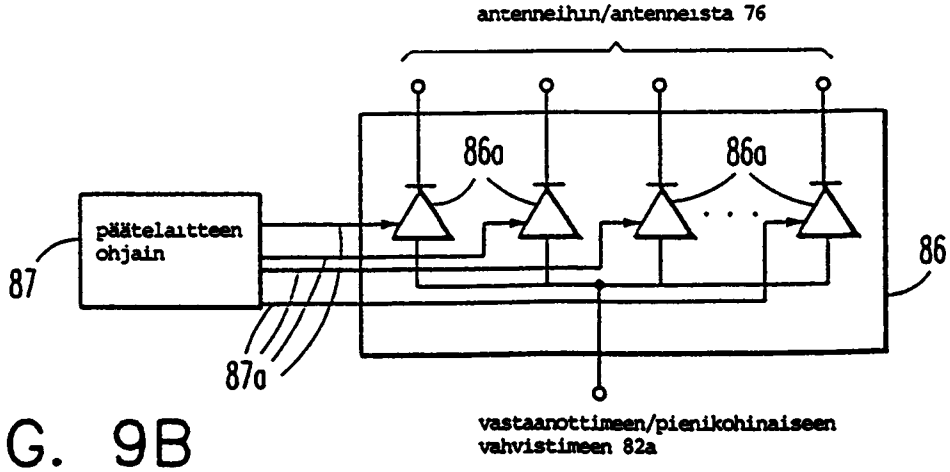


FIG. 9B

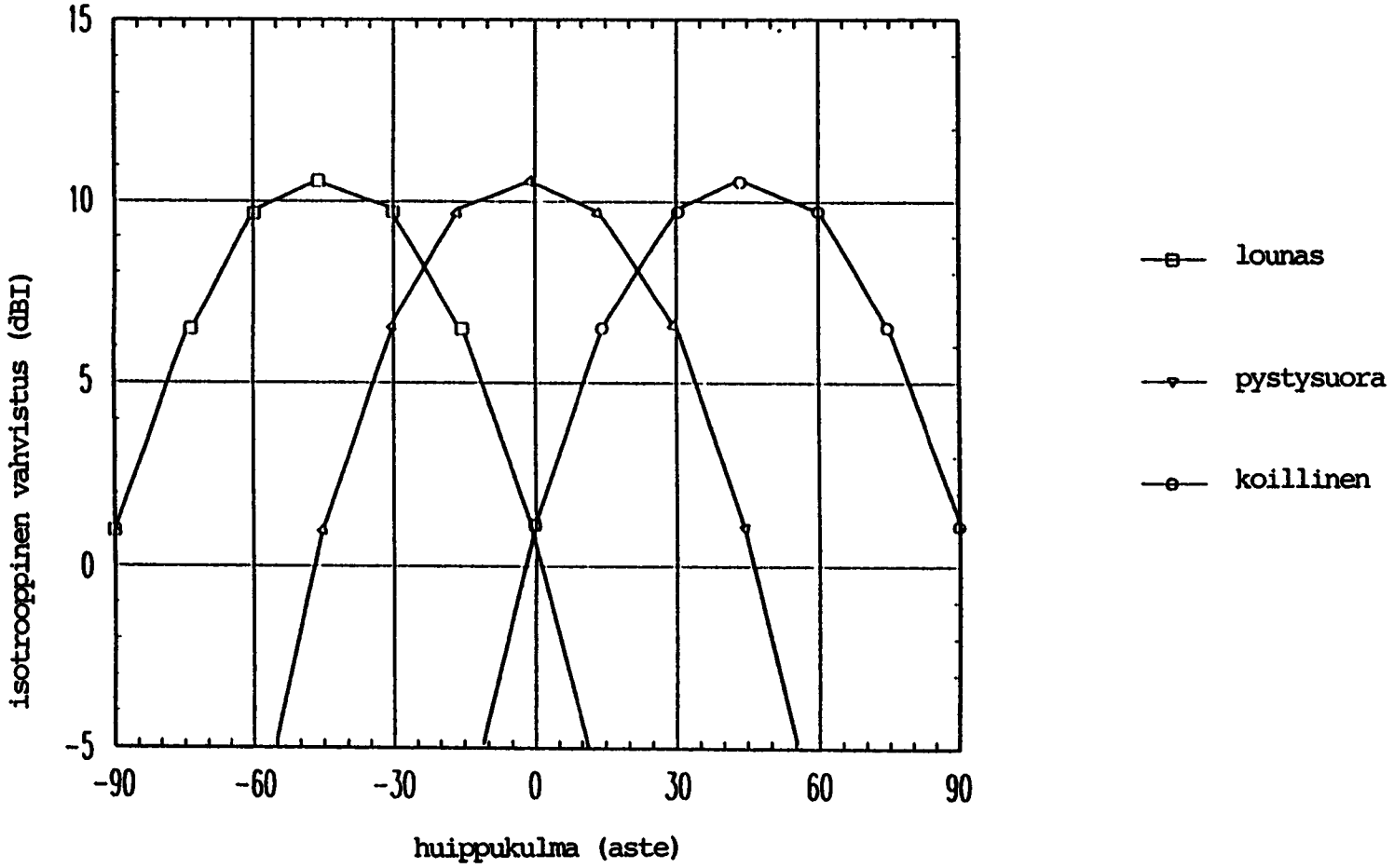

15
10
5
0
-5
-90
-60
-30
0
30
60
90
isotrooppinen vahvistus (dBI)
huippukulma (aste)
lounas
pystysuora
koillinen

FIG. 10

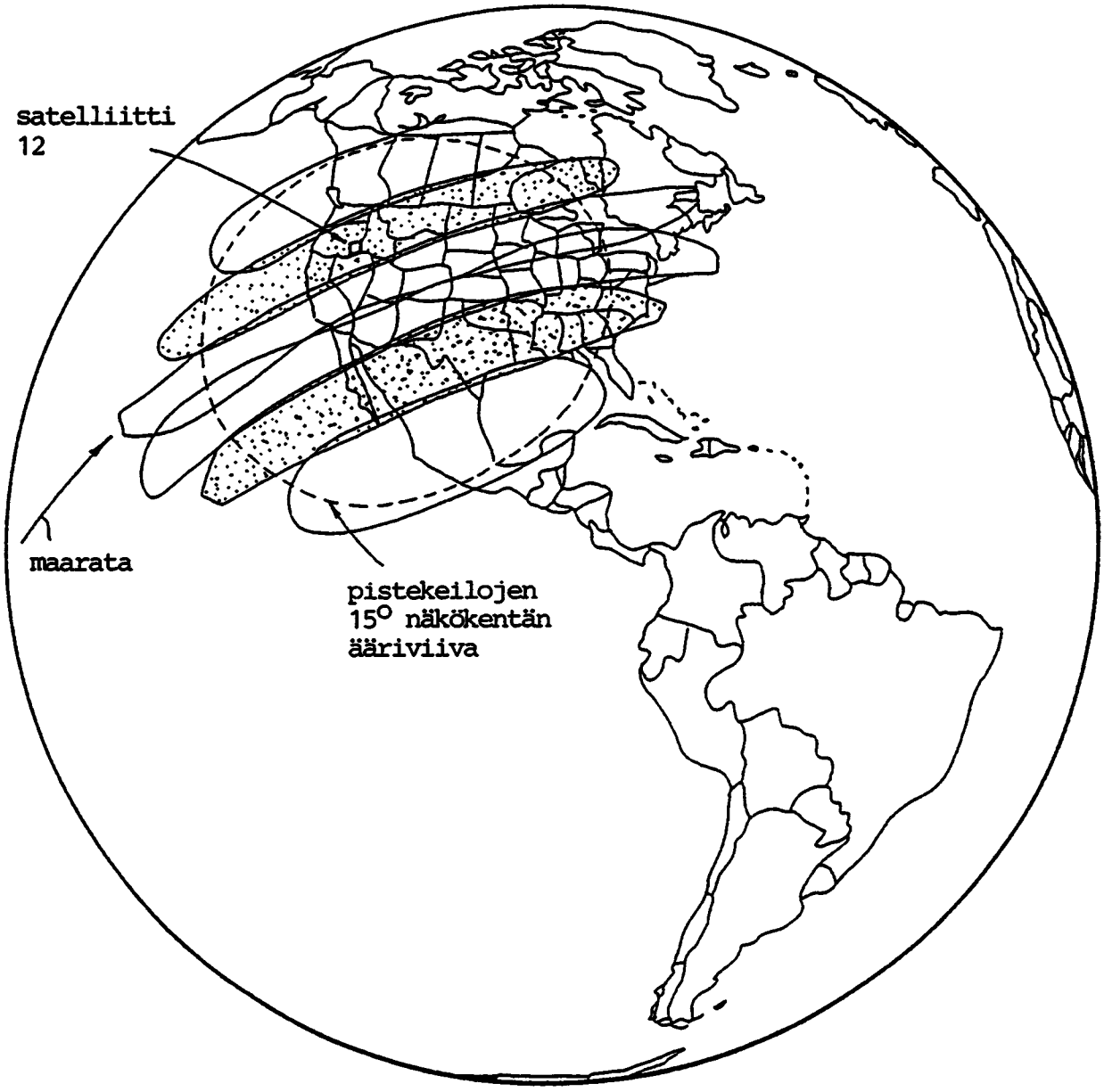

satelliitti
12
maarata
pistekeilojen
15° näkökentän
ääriviiva

FIG. 11

11.10.96 963420

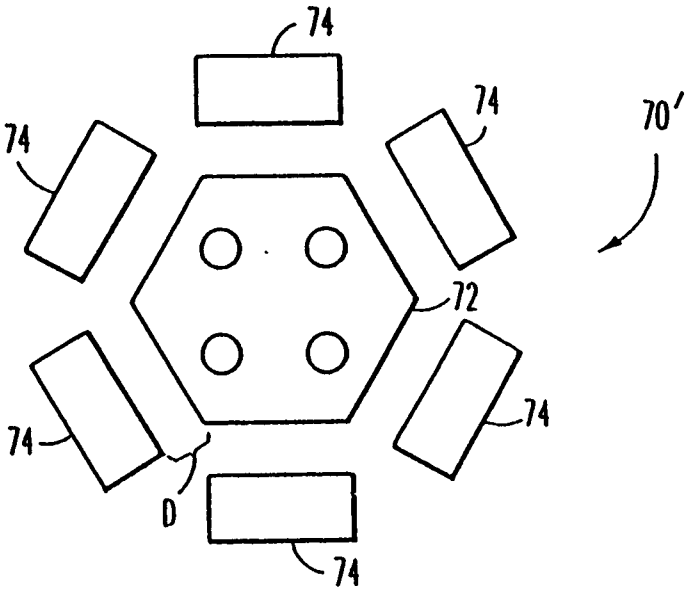


FIG. 12

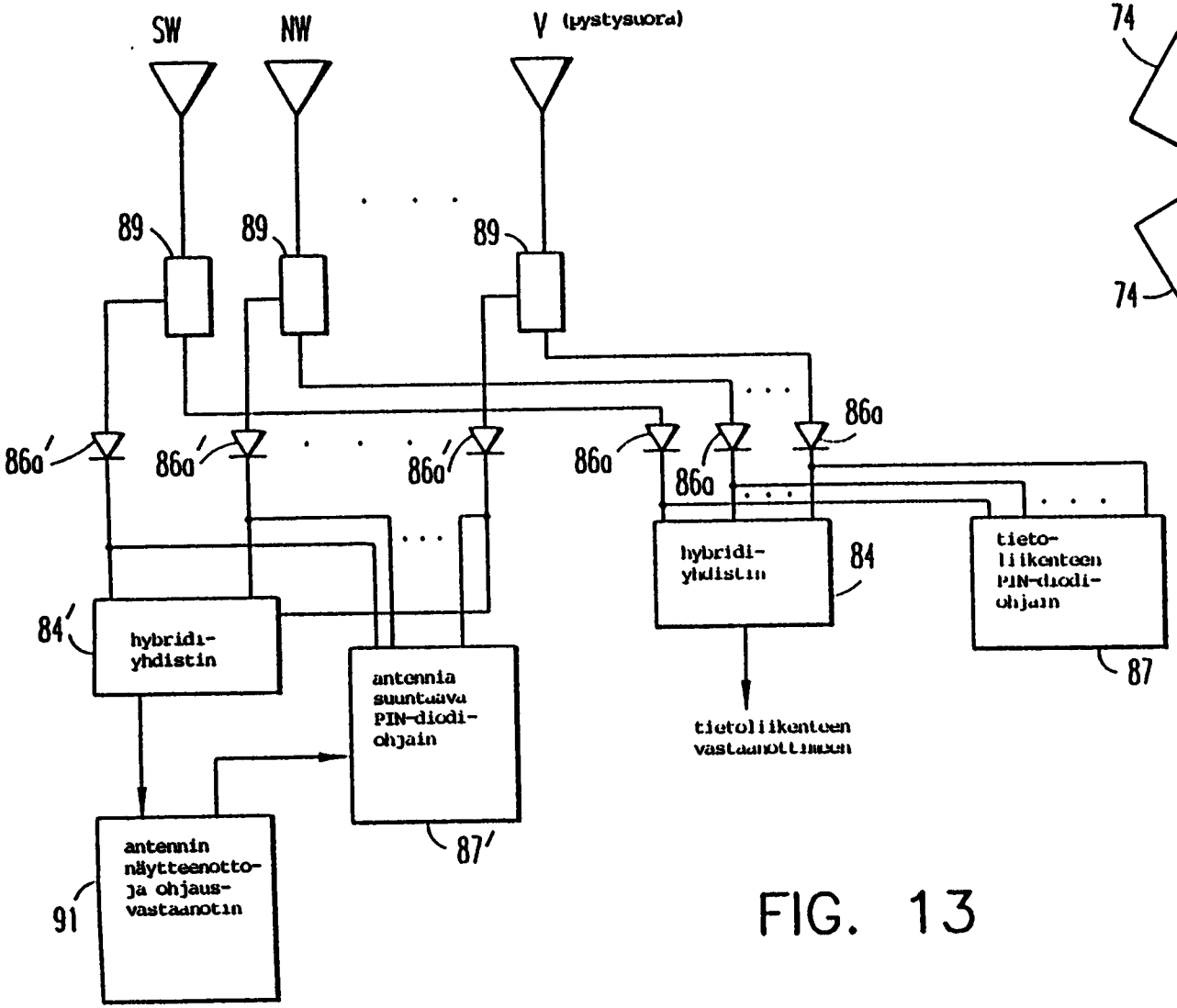


FIG. 13

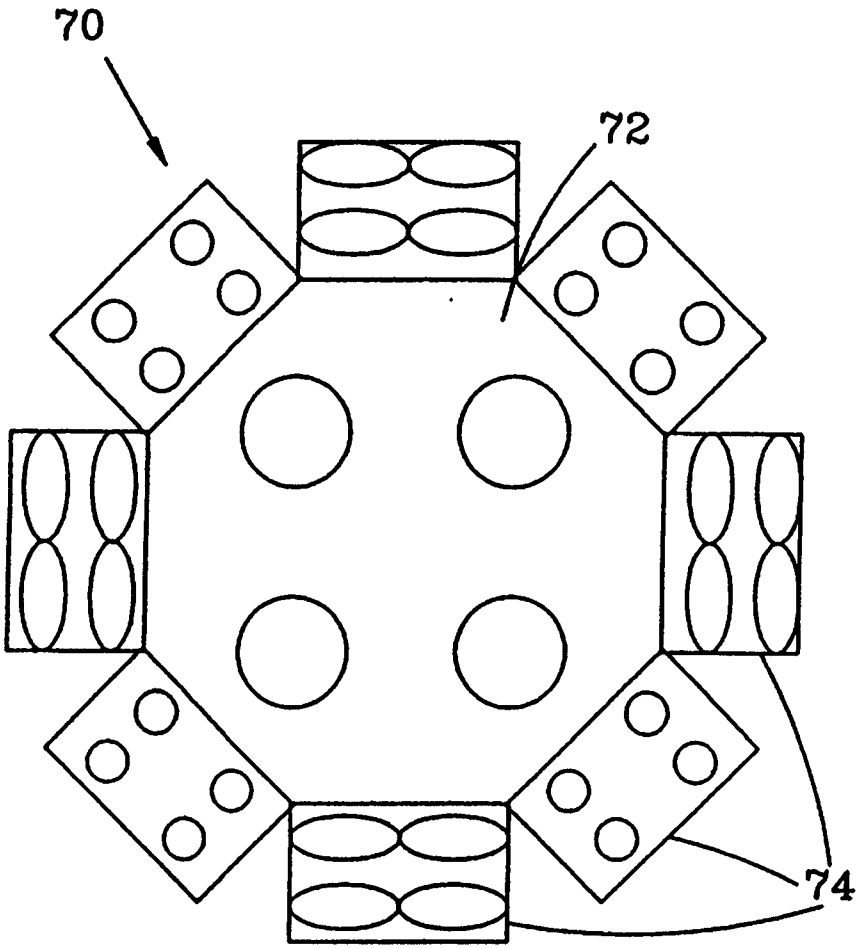


FIG. 14A

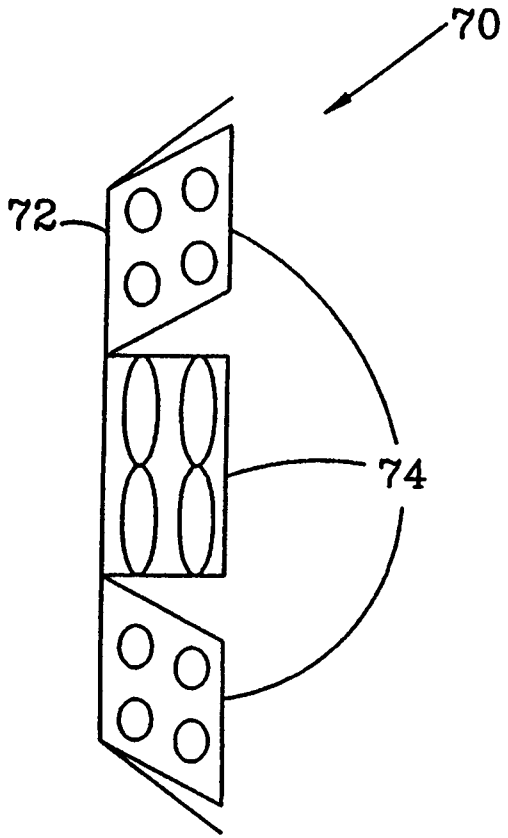


FIG. 14B