



FI 000110821B



SUOMI – FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 110821 B

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

31.03.2003

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

G01S 5/14, H04B 1/707

(21) Patentihakemus - Patentansökning

20002274

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

13.10.2000

(24) Alkupäivä - Löpdag

14.04.1998

(41) Tullut julkiseksi - Blivt offentlig

13.12.2000

(86) Kv. hakemus - Int. ansökan

PCT/US98/07471

(73) Haltija - Innehavare

1 •Snaptrack Incorporated, c/o Qualcomm Incorporated, 5775 Morehouse Drive, San Diego, CA 92121, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Krasner, Norman F., 117 Coventry Court, San Carlos, CA 94010, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud: Papula Oy
Fredrikinkatu 61 A, 6.krs, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

GPS-vastaanotin, jossa on nopea keräys suurella tarkkuudella
GPS-mottagare med snabb ackvision och hög precision

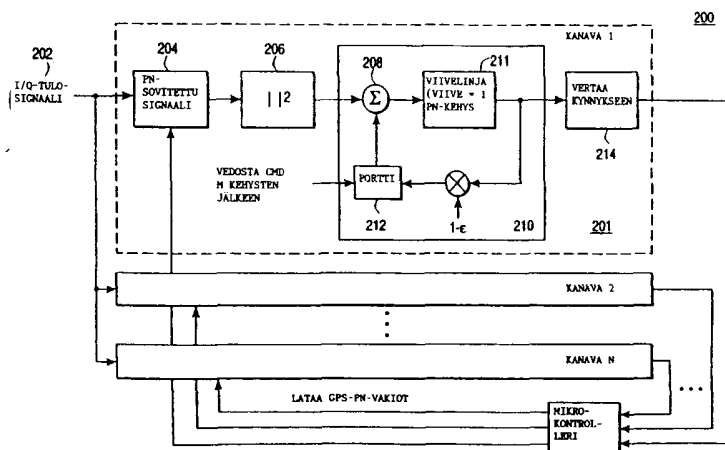
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US A 5237587 (H04K 1/00), US A 5663983 (H04B 15/00)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Menetelmä ja laite maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalien keräämiseksi ja seuraamiseksi nopealla keräysnopeudella ja suurella tarkkuudella esitetään tässä. Näennäissatunnainen kohinan sovitussuodatustoiminne toteutetaan maailmanlaajuisenpaikannusjärjestelmän signaalien näytteelle senhetkisen sovitetun suodatustuloksen muodostamiseksi. Senhetkinen sovitettu suodatustulos sen jälkeen kootaan yhteen aikaisemman sovitetun suodatustuloksen kanssa aikaisemmasta maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalin näytteestä kootun sovitetun suodatustuloksen muodostamiseksi. Tässä esitetään tehokas toteutus sovitetulle suodattimelle.

Här förs ett förfarande och en anordning för insamling och medföljning av signalerna i ett globalt positionsbestämningssystem med en snabb insamlingshastighet och stor noggrannhet fram. En pseudoslumpartad anpassningsfilterfunktion av bruset förverkligas på ett prov av det globala positionsbestämningssystemets signaler för bildande av ett just då rådande anpassat filterresultat. Det just då rådande anpassade filterresultatet sammanslås med ett tidigare anpassat filterresultat från ett tidigare prov av det globala positionsbestämningssystemet för bildande av ett sammanslaget anpassat filterresultat. Här förs ett effektivt förverkligande för det anpassade filtret fram.



GPS-VASTAANOTIN, JOSSA ON NOPEA KERÄYS SUURELLA TARK-
KUUDELLA

Tämä hakemus on jatkohakemus US-
patenttihakemuksesta 06/037,904, "Fast Acquisition,
5 High Sensitivity GPS-Receiver", jätetty 02/11/1997,
jossa on sama keksijä Norman F. Krasner ja jossa on
hakijana sama kuin tässä hakemuksessa.

Esillä oleva keksintö liittyy yleisesti maa-
ilmanlaajuisiin paikallisjärjestelmiin ja erityisesti
10 satelliittisignaalien vastaanottoon ja seurantaan in-
tegroidussa nopeakeräyksisessä suuritarkkuuksisessa
vastaanottimessa.

Perinteisissä maailmanlaajuisen paikannusjär-
jestelmän (GPS) vastaanottimissa käytetään sarjakorre-
15 laattoreita Navstar-satelliiteista lähetettyjen sig-
naalien keräämiseen, seurantaan ja demoduloimiseen.
Jokainen lähetetty GPS-signaali on suorasekvenssinen
hajaspektrisyysignaali. Kaupalliseen käyttöön saatavilla
oleva signaali liittyy Standard Positioning Service:in
20 (SPS) ja käyttää suorasekvenssistä kaksivaihehajautus-
signaalia, jossa on 1.023 M-alibittiä sekunnissa ha-
jautusnopeus kantotaajuudella 1575.42 MHz. Pseu-
dosatunnainen kohina (PN) -sekvenssi on pituudeltaan
1023 alibittiä vastaten yhden millisekunnin aikajak-
25 soa. Jokainen satelliitti lähettää eri PN-koodia (kul-
tainen koodi), mikä mahdollistaa signaalien samanai-
kaisen lähetyksen useilta satelliiteilta ja samanai-
kaisen vastaanoton vastaanottimella, jolloin ne häi-
ritsevät toisiaan vain vähän. Lisäksi kuhunkin signaa-
30 liin lisätty data on 50-baudinen binäärivaihemoduloitu
data (BPSK), jossa bittirajat on kohdistettu PN-
kehysten alkuun; 20 PN-kehystä on käytössä yhden data-
bittijakson (20 ms) aikana.

GPS-vastaanottimen ensisijainen tehtävä on
35 määrittää PN-koodien saapumisaika. Tämä toteutetaan
vertaamalla (kullekin vastaanotetulle signaalille) pai-
kallisesti generoitua PN-referenssiä suhteessa vas-

taanotettuun signaaliin ja "liu'uttamalla" paikallista referenssiä ajan suhteen, kunnes se on aikakohdistettu vastaanotettuun signaaliin. Näitä kahta signaalia verrataan keskenään kertomalla ja integroimalla, mitä
5 kutsutaan korrelaatioprosessiksi. Kun kaksi signaalia on aikakohdistettu, saadaan tulokset. Tyypilliset sarjakorrelaattorit, joita käytetään GPS-vastaanottimissa, vertaavat paikallista ja vastaanotettua signaalia yhdellä aikaoffsetilla annetulla ajanhetkellä.
10 Jos tällainen vertailu tehdään puolen alibitin välein, päädytään 2046 vertailuun (tai testiin), jotka vaaditaan PN-aikajakson läpikäymiseksi kokonaan. Tällainen haku on tehtävä useille näkyville satelliiteille. Lisäksi virheet vastaanotetun signaalin taajuudessa usein edellyttävät ylimääräisiä hakuja signaalitaajuuden eri olettamille. Aika tämän haun toteuttamiseen voi olla erittäin pitkä, erityisesti alhaisilla signaali-kohinasuhteilla. Perinteiset GPS-vastaanottimet käyttävät tällaisten korrelaattoreiden monikertoja
20 rinnakkain nopeuttaakseen keräysprosessia. Siitä huolimatta haku- ja keräysprosessi on aikaa vievä, erityisesti vastaanotetuilla matalilla signaali-kohinasuhteilla.

Näin ollen on toivottavaa muodostaa laitteistoarkkitehtuuri, joka kehittää keräysnopeutta ja herkkyyttä nykyisissä perinteisissä GPS-vastaanottimissa. Tällainen arkkitehtuuri mahdollistaisi vastaanottimen toiminnan erittäin alhaisilla tulosignaalin signaali-kohinasuhteilla. Edelleen on toivottavaa integroida
30 menetelmä tällaisten signaalien seurantaan keräysprosessin jälkeen, jossa laitteistoa käytetään sekä keräämiseen että seurantaan vastaanotetuilla GPS-signaaleilla.

Esillä oleva keksintö tuo esiin menetelmän ja
35 laitteen maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalien keräämiseen ja seurantaan nopealla keräysnopeudella ja suurella tarkkuudella. Esillä olevan kek-

sinnön menetelmässä ensimmäinen pseudosatunnainen kohinasovitus suodatintoinne toteutetaan senhetkisel-
maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalien
näytteelle senhetkisen sovitettun suodatustuloksen muo-
5 dostamiseksi. Senhetkinen sovitettu suodatustulos sen
jälkeen kootaan aikaisemmin sovitettun suodatustuloksen
aikaisemmasta maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän
signaalien näytteen tuloksista kootun sovitettun suoda-
tustuloksen muodostamiseksi.

10 Keksinnön eräässä sovelluksessa sovitettu
suodatin ja tunnistuspiiri yhdistetään esitunnistavaan
silmukkaintegraattoriin ja jälkitunnistavaan silmuk-
kaintegraattoriin. Silmukkaintegraattorit mahdollista-
vat useiden datakehysten keräyksen ja seurannan käsit-
15 täen vastaanotetun maailmanlaajuisen paikannusjärjes-
telmän signaalin. Tämä johtaa nopean keräyssuoritusky-
vyn ja suuren tarkkuuden yhdistelmään. Tehokkaat väli-
neet sovitettun suodattimen toteuttamiseksi esitetään.

Esillä olevan keksinnön muut ominaisuudet tu-
20 levat selvemiksi oheisista piirustuksista ja yksi-
tyiskohtaisesta selityksestä.

Esillä oleva keksintö esitetään esimer-
kinomaisesti, mutta ei rajoittuen oheisiin kuvioihin
liitteenä olevissa piirustuksissa, joissa viitenumerot
25 ovat kauttaaltaan samat ja joissa:

Kuvio 1 on lohkokaavioesitys tunnetun tekniikan mukaisesta maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän korrelaattoripiiristä.

30 Kuvio 2 on lohkokaavioesitys maailmanlaajui-
sen paikannusjärjestelmän keräyspiiristä esillä olevan
keksinnön erään sovelluksen mukaisesti.

Kuvio 3 esittää signaaliaaltomuotoja eri pro-
sessointivaiheissa kuvion 2 keräyspiirissä.

35 Kuvio 4 on lohkokaavioesitys maailmanlaajui-
sen paikannusjärjestelmän keräyspiiristä, joka myös
toteuttaa seurantafunktiot esillä olevan keksinnön
erään sovelluksen mukaisesti.

Kuvio 5 esittää signaalin aaltomuodot eri prosessointivaiheissa kuvion 4 keräyspiirissä.

Kuvio 6A on lohkokaaavioesitys sovitetusta suodattimesta, jota käytetään kuvion 4 keräyspiirissä
5 esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti.

Kuvio 6B on lohkokaaavioesitys sovitetusta suodattimesta, jota käytetään kuvion 4 keräyspiirissä esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti, jossa mahdollisten lähtöjen alijoukko PN-kehystä kohden muodostetaan.
10

Kuvio 7 on vaihtoehtoinen esitys kuvion 6A sovitetun suodattimen monimutkaisemmasta osasta esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti.

Kuvio 8 on yksityiskohtaisempi esitys tietyistä sovitetun suodattimen elementeistä kuviossa 7 esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti.
15

Kuvio 9 on lohkokaaavioesitys maailmanlaajuisesta paikannusjärjestelmästä, joka toteuttaa keräys- ja seuraustoiminteet esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti.
20

Kuvio 10 esittää lohkokaaaviota maailmanlaajuisesta paikannusjärjestelmästä, joka toteuttaa keräyspiirin esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti.

Kuvio 11 on lohkokaaavioesitys maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän keräyspiiristä, jossa käytetään pienennettyä rekisterilaskuria esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti.
25

Kuvio 12 on lohkokaaavioesitys sovitetusta suodattimesta, jota käytetään kuvion 11 keräyspiirissä esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti.
30

Seuraavassa kuvataan menetelmä ja laite maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalien vastaanottamiseksi nopeasti ja tarkasti keräävällä vastaanottimella. Seuraavassa kuvauksessa esimerkinomaisesti esitetään joukko erityisiä yksityiskohtia, jotta esillä oleva keksintö tulisi täysin ymmärretyksi. Am-
35

mattimiehelle on kuitenkin selvää, miten keksintöä voidaan käyttää ilman näitä erityisiä yksityiskohtia. Muissa yhteyksissä tunnetut rakenteet ja laitteet esitetään lohkokaaavion muodossa esimerkinomaisina.

5 Maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän (GPS) vastaanottimet vastaanottavat GPS-signaaleita, jotka lähetetään maata kiertäviltä GPS-satelliiteilta ja määrittävät sopivien koodien saapumisajan vertaamalla aikaeroa vastaanotetun signaalin ja sisäisesti generoidun signaalin välillä. Signaalivertailu toteutetaan korrelaatioprosessissa, jossa käytetään kerrontaa ja integrointia vastaanotetulle ja generoidulle signaalille. Tyypillinen tunnetun tekniikan mukainen sarjakorrelaattori on yleisesti käytössä GPS-
10 vastaanottimissa ja se esitetään kuviossa 1. Korrelaattori 100 vastaanottaa tulon GPS-signaalin 102 ja yhdistää kertojassa 104 vastaanotetun signaalin 102 sisäisesti generoituun PN-koodiin, joka on muodostettu PN-generaattorilla 110. Voimakkuuden neliöiminen (tai
15 muut tunnistus) 106 toteutetaan sen jälkeen yhdistetyn signaalin kootulle näytejoukolle. Mikrokontrolleri 108 ohjaa PN-alibittien, jotka on generoitu PN-generaattorilla 110 sekventointia. Korrelaattorin 100 järjestelmän mukaisesti vastaanotettua signaalia 102
20 verrataan pitkään sekvenssiin PN-alibittejä yhdellä aikaoffsetilla kerrallaan, mikä täten vaatii erittäin pitkän aikajakson kaikkien PN-kehystä vastaavien offsetien hakemiseksi.

30 Keräyspiiri

Eräs parannettu keräyspiiri käytettäväksi GPS-vastaanottimissa keksinnön erään sovelluksen mukaisesti käyttää yhtä tai useampaa sovitettua suodatinta yhdessä esiprosessoinnin ja jälkiprosessoinnin
35 kanssa aikaansaadakseen nopean GPS-signaalien keräyksen suurella tarkkuudella. Erityisesti jälkisovitettu suodatinsilmukkaintegraattori (jota kutsutaan myös

"yhdistämissuodattimeksi") muodostaa tarpeellisen integroinnin suuren tarkkuuden saavuttamiseksi, mikä antaa vastaanottimelle mahdollisuuden toimia pienellä signaali-kohinasuhteella. Kuvio 2 esittää GPS-tulosignaalin keräyspiirin 200, joka käsittää erilliset keräyspiirit usealle tulokanavalle. Lohkokaavioesitys keräyspiiristä yhdelle kanavalle 201 GPS-keräyspiirissä esitetään esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti.

10 Tulon peruskaistasignaali 202 syötetään rinnakkain useisiin sovitettuihin suodattimiin 204 keräyspiirissä 200. Tulon peruskaistasignaali 202 muodostuu erillisistä tulovaiheen (I) ja neliövaiheen (Q) komponenteista. Kunkin suodattimen osoittimet kussakin
15 kanavassa on järjestetty näytteistetyiksi esityksiksi samasta tai eristä PN-lähetetystä aaltomuodosta käännetyin (flipped) ajan suhteen. Normaalisti tulon näytteistysnopeus on alibittinopeuden monikerta ja täten tyypillisesti käytetään 1023M osoitinta sovitetussa
20 suodattimessa, jossa M on pieni kokonaisluku, tyypillisesti 2. Jos tulosignaali sisältää lähetetyn aaltomuodon, joka on sovitettu tietylle sovitetulle suodattimelle, sen lähtö sisältää kapean piikin leveydeltään n. 1 alibitti. Yksi piikki esiintyy kussakin kehysjaksossa ja muodostaa saapumisaikainformaation, modulo
25 ykkösen PN-kehysjaksolla. Koska signaali on neliöllinen, piikki on itse asiassa kompleksiluku. Sen polariteetti palautuu tulovaiheelle databaudin reunoilla lähetetyn datajonon mukaisesti. Lisäksi tulokulma voi
30 hitaasti kulkea eteenpäin tai palata taaksepäin ajan suhteen pienin taajuuseroin vastaanotetun signaalin kantotaajuudessa ja paikallisesti generoidussa taajuudessa.

Kun signaali on heikko johtuen esimerkiksi
35 esteiden, kuten puiden tai rakennusten vaikutuksesta, jokainen näistä piikeistä voi häiriintyä kohinasta ja täten ne eivät ole suoraan käytettävissä saapumisaika-

mittauksessa. Piikkien tehon muodostamiseksi sovitetun suodattimen lähtö tunnistetaan neliölaki- tai muulla tunnistusoperaatiolla 206 vaihtelevien vaihekulmien, jotka juuri mainittiin, poistamiseksi. Teho yhdeltä 5 PN-kehykseltä lisätään edeltävän kehyksen tehoon viiveintegraattorilla 210. Yhden PN-kehyksen viiveelle piikki edelliseltä kehykseltä viivästetään tarkalleen yhdellä PN-kehyksellä ja täten tämä teho ylittää viivelinjan 211 samalla, kun piikki seuraavasta kehyksestä 10 ylittää viivelinjan 211. Sen jälkeen kaksi piikkiä lisätään yhteen summauspiirille 208 vahvemman piikin muodostamiseksi. Kohinan satunnaisosat lisätään epäkoherentisti (DC-tasoa kasvatetaan) ja tällä tavalla summattujen kehysten määrän neliöjuuri ainoastaan kasvaa. 15 Kohinaan liittyvä DC-taso voidaan määrittää keskiarvotusprosessilla integraattorin lähdössä ja vähentää lopullisesta lähdöstä. Tämä helpottaa sopivan tunnustuskynnyksen määrittämistä.

Kuten esitetään kuviossa 2, takaisinkytkentä 20 silmukkaintegraattorilta 210 ei ole yksi, vaan sen sijaan 1-e, jossa e on pieni luku verrattuna ykköseen. Silmukkaintegraattori 210 täten tehokkaasti toimii "vuotavana" summauspiirinä, joka vaikutukseltaan keskiarvottaa liikkuvassa mielessä kehysluvun karkeasti 25 vastaamaan $1/e$:tä. Keksinnön vaihtoehtoisessa sovelluksessa silmukkaintegraattori 210 ykkösen takaisinkytkennällä, jota seuraa viive ja vähennyspiiri, voi hyvin olla käytössä. Tässä tapauksessa viive asetetaan vastaamaan arvoa MT_f . Tämä toteuttaa "boxcar"-tyyppisen 30 suodattimen, joka suoraan lisää yhteen viimeiset M-kehystä. M-datakehysten sovittamiseen tarvittava tallennuskapasiteetti on vaativa

Keräyspiirin 200 eräessä sovelluksessa silmukkaintegraattori 210 käyttää yksikkötakaisinkytkentää ja toistuvasti summaa M-datakehystä portittamalla 35 takaisinkytkentänä portin 212 läpi jokaisen M:n kehyksen jälkeen. Tällä tavalla silmukkaintegraattorin

lähtö saadaan asianmukaiseksi (eli yksi edustus M:lle datakehykselle) jokaisella M:nnellä kehyksellä. Useissa yhteyksissä tämä päivitystaajuus on hyväksyttävä keräystä varten.

5 Viivetasopiiri 211 silmukkaintegraattorissa 210 keräyspiirissä 200 voidaan toteuttaa käyttäen siirtorekistereitä signaalin etenemisen viivästämiseksi piirin läpi. Vaihtoehtoisesti kytkeytyvää muistia (joko yksittäistä tai kaksiporttista) voidaan käyttää 10 siirtorekistereiden sijaan. Tässä tapauksessa muistiin ladataan ja sitä käytetään tavalla, joka emuloi siirtorekistereiden toimintaa silmukkaintegrointifunktiossa.

Kuvio 3 esittää signaaliaaltomuodot eri prosessointipisteissä yhdessä keräyspiirissä 201 keräyspiirissä 200. Esimerkkitaroituksessa kuvio 3 esittää yksinkertaistetun PN-signaalin, jossa on vain seitsemän alibittiä PN-kehystä kohden 1023:n sijaan niin kuin normaalissa GPS-signaalissa. Aaltomuotojen alue 20 kuviossa 3 ulottuu kolmelle databitille 304, 306, 308 yhdessä neljän PN-kehysten 302 bittiä kohden. Yksinkertaisuuden vuoksi kohinaa ei esitetä ja vain signaalit tulovaihekanavalle esitetään. Lisäksi oletetaan, että silmukkasuodatin 210 käyttää yksikkötakaisinkyt-

25 kentää.

Peruskaistan PN-signaalin 310 aaltomuoto esittää I/Q-tulosignaalia 202 syötteenä keräyspiirille 200 (vain I tai Q esitetään). Lähtö sovitetun suodattinaaltomuodon 312 jälkeen esittää signaaliaaltomuotoa 30 sen jälkeen, kun I/Q-tulosignaali 202 on esitelty suojatulla suodattimella 204. Sovitetusta suodattimesta 204 signaali etenee voimakkuuden neliöintiinpiirille 206, joka muodostaa lähdön neliöityään aaltomuodon 314. Voimakkuuden neliöintiinpiiristä 206 signaali etenee silmukkaintegraattoriin 210, joka muodostaa lähdön 35 silmukkaintegraatioaaltomuodon 316 jälkeen. Lähtö silmukkaintegraatioaaltomuodon 316 jälkeen esittää sig-

naalin huippuamplitudin kasvamisen ajan suhteen johtu-
en neliölakitunnistimen ja iteratiivisen etenemisen
seurauksista silmukkaintegraattorin 210 läpi. Lisäksi
kuvio 3 esittää tunnistuskynnyksen lisättynä lähtöön
5 silmukkaintegraatioaalto-
muodon 316 jälkeen. Tunnistus-
kynnystaso esittää kynnyssignaalia, joka on asetettu
kynnysvertailijalla 214 keräyspiirissä 200.

Vaikka signaalin perusviiva myös kasvaa ajan
suhteen, sen DC-komponentti on helposti poistettavissa
10 keskiarvoistamalla lähtö. Koska huipun leveys on pieni
suhteessa koko kehyksen jaksoon, huipun vaikutukset
keskiarvoon ovat pieniä todellisille GPS-signaaleille.
On huomattava, että huippujen paikat tarjoavat saapu-
misajan vastaanotetulle GPS-signaalille modulo yhden
15 kehyksen jaksossa. Edelleen on huomattava, että aalto-
muotojen skaala kuviossa 3 ei välttämättä ole oikea
suhteessa toisiinsa.

Yksittäisen kanavan GPS-keräyksen vaihtoeh-
toinen sovellus keksinnön erään sovelluksen mukaisesti
20 esitetään kuviossa 4. Keräyspiiri 400 kuviossa 4 on
yksikanavainen keräyspiiri vastaten kuvion 2 piiriä,
mutta se sisältää ylimääräisiä käsittelyelementtejä.
Nämä ylimääräiset elementit sisältävät digitaalisen
taajuusmuunnospiirin 404, Doppler- ja LO-taajuuden
25 kompensoinnin, digitaalisen uudelleennäytteistimen
406, joka kompensoi Doppler- ja LO-näytteistys-
nopeusoffsetit ja esitunnistuksen silmukkasuodattimen
410.

Viitaten kuvioon 4 signaalin seurannan ja da-
tan demoduloinnin prosessi keksinnön erään sovelluksen
30 mukaisesti kuvataan seuraavaksi. Digitaalinen taajuus-
muunnospiiri 404 yksinkertaisesti kertoo I/Q-
tulosignaalin 402 eksponentilla muodossa $\exp(-2\pi n f_d T_s)$,
missä f_d on yhdistetty Doppler- ja LO-taajuusoffse,
 T_s
35 on näytteistysjakso ja n on juokseva aikaindeksi. Tämä
kompensaatio vaaditaan siten, että jäännössignaali-
taajuusvirhe on paljon pienempi kuin PN-kehysnopeus (1

kHz). Muutoin taajuusoffsetin vaikutus vähentäisi so-
 vitetun suodattimen 408 amplitudia lähtösignaalissa
 määrällä, joka vastaa $|\sin(\pi f_d T_f) / \pi f_d T_s|$. Esimerkiksi,
 jos $f_d = 1/T_s$, niin sovitetun suodattimen lähtösignaalin
 5 amplitudi olisi nolla.

Doppler-näytteistysnopeuden korjaussignaali
 410 on tulona digitaaliselle uudelle näytteistimelle,
 joka korjaa pienet virheet, jotka johtuvat vastaanote-
 tun I/Q-tulosignaalin 402 "kutistumisesta" tai "ahtau-
 10 tumisesta" ajan suhteen Doppler-siirtymän seurauksena.
 Esimerkiksi Doppler error 2 μ sek/sek (joka vastaa tar-
 kalleen GPS-satelliittien havaittua Doppleria) edustaa
 kahden alibitin aikasiirtymää yhden sekunnin jaksossa.
 Tällainen aikasiirtymä rajoittaa silmukkaintegraatioi-
 15 den, jotka voidaan toteuttaa, koska tunnistuspiikit
 myöhemmillä aikajaksoilla eivät ole linjassa aikaisem-
 pien aikajaksojen kanssa, määrää ja täten käsittely-
 vahvistus menee yli (tai itse asiassa vähenee) suh-
 teessa kasvaneeseen integrointiaikaan. Lisäksi korja-
 20 uspiikki silmukkaintegraattorista laajenee, mikä joh-
 taa virheisiin mitatussa saapumisajassa (tai "pseudo-
 alueessa").

Digitaalinen uudelleennäytteistyspiiri 406
 käyttää keräyspiirille 400 syötettyä dataa laskeakseen
 25 uudet datanäytteet, jotka ovat alkuperäisillä näyte-
 pisteillä, näytteistyspaikoissa erityisen näytenopeus-
 korjauksen määritysten mukaisesti. Esimerkiksi, jos
 näytteistysnopeus, joka muodostetaan piirille 400 oli-
 si 2 näytettä alibittiä kohden ja haluttu näytteistys-
 30 nopeus olisi 2-d näytettä alibittiä kohden, uusi näy-
 tejakso olisi siten yhtä suuri kuin $T_c / (2-d)$ ja täten
 uudet näytteet otettaisiin paikoissa, jotka ovat alku-
 peräisen datan vastaavien ajanhetkien jälkeen. Lopulta
 liukuma (slippage) olisi yhtä suuri kuin $T_c / 2$, eli yk-
 35 si täydellinen näytejakso. Tämä käsitellään nopeasti
 pudottamalla yksi näytejakso piiristä 400. Digitaali-
 nen uudelleennäytteistys tehdään digitaalisella osi-

tusinterpoloinnilla. Yksinkertaisimmillaan useita
näytteitä uuden mielenkiinnon kohteena olevan näytteen
paikasta syötetään sopivalle interpolointialgoritmil-
le, kuten polynomille tai pitkittäissovitukselle, sig-
naaliarvon laskemiseksi sopivalla ajanhetkellä.
5

Piirin 400 vaihtoehtoisessa sovelluksessa di-
gitaalinen uudelleennäytteistin 406 jätetään huomiotta
ja se korvataan prosessilla, joka jatkuvasti uudelleen
lataa sovitettuun suodattimeen uudet kertoimet, jotka
10 tehokkaasti sisältävät vähän lisättyä viivettä ajan
suhteen. Täten digitaalinen uudelleennäytteistin 406
voidaan korvata päivittämällä sovitetun suodattimen
suodatinpainot tavalla, joka mahdollistaa viivetoimin-
nan näillä suodatinpainoilla. Tämä menetelmä vaatii
15 suodatinkertoimet, joiden koko on useampi kuin yksi
bitti kussakin tarkan toteutuksen aikaansaamiseksi ja
täten se lisää piirin monimutkaisuutta. Kuitenkin so-
vitetun suodattimen kertoimien liikuttaminen yhden
paikan verran vasemmalle tai oikealle on vaihtoehto
20 näytteen poistamiselle tai lisäämiselle.

Keräyspiiriin 400 kuuluu kaksi silmukkainte-
graattoriipiiriä. Esitunnistuksen silmukkaintegraatto-
riipiiriä 410 käytetään ennen tunnistustoiminnetta 416
ja jälkitunnistuksen silmukkaintegraattoriipiiriä 420
25 käytetään tunnistustoiminteen 416jälkeen. Kaksoissil-
mukkaintegraattoriipiiri on hyödyllinen, koska datajak-
so vastaa 20 PN-kehystä. Täten PN-signaali toistuu
useita kertoja ennen kuin käsillä oleva data invertoi
signaalin polariteetin. Täten, jos Doppler-korjaus on
30 hyvä, voidaan koherentisti lisätä PN-kehäksiä joko en-
nen tai jälkeen sovitetun suodatintoiminteen. Selvästi
maksimissaan 20 tällaista kehystä voidaan lisätä ennen
kuin datan polariteetin aiheuttaa suorituskyvyn heik-
kenemisen. Tällainen koherentti lisäys parantaa herk-
35 kyyttä epäkoherentin (jälkitunnistuksen) integraation
kustannuksella, koska koherentti integraatio muodostaa

signaali-kohinasuhteen huippuarvon kohdalla ennen neliölakitoiminteen 416 toteutusta.

Kuvio 5 esittää signaaliaaltomuodot eri prosessointipisteissä piirissä 400. Esimerkin vuoksi kuvio 4 esittää yksinkertaistetun PN-signaalin, jossa on vain seitsemän alibittiä PN-kehystä kohden 1023:n sijaan, kuten normaalissa GPS-signaalissa. Aaltomuotojen alue kuviossa 4 ulottuu kolmelle databitille 504, 506, 508 neljällä PN-kehyksellä 502 bittiä kohden. Yksinkertaisuuden vuoksi kohinaa ei esitetä ja vain tulo-

5 vaihekanavan signaalit kuvataan. Lisäksi oletetaan, että esitunnistussilmukan suodatin 410 ja jälkitunnistussilmukan suodatin 420 molemmat käyttävät yksikkökaisinkytkentää. Esitunnistuksen silmukkasuodattimen

10 410 oletetaan kokoavan neljä viimeistä kehystä liikkuvasti.

Peruskaistan PN-signaalin 510 aaltomuoto kuvaa esityksen I/Q-tulosignaalista 402 tulona keräyspiirille 400. Lähtö sovitetun suodatinaaltomuodon 512

20 jälkeen esittää signaaliaaltomuotoa I/Q-tulosignaalin 402 käsittelyn jälkeen sovitetussa suodattimessa 408. Sovitetulta suodattimelta 408 signaali etenee esitunnistuksen silmukkasuodattimen 410 läpi, jossa muodostetaan lähtö esitunnistuksen silmukkasuodattimen aaltomuodon 514 jälkeen. Sen jälkeen signaali syötetään neliöintipiiriin 416, joka muodostaa lähdön neliöinti-

25 toiminnealtomuodon 516 jälkeen. Neliöintipiiriltä 416 signaali etenee jälkitunnistuksen silmukkaintegraattorille 420, joka muodostaa lähdön silmukkaintegrointi-

30 aaltomuodon 518 jälkeen. Lähtö silmukkaintegrointi-

aaltomuodon 518 jälkeen kuvaa signaalin huippuamplitudin kasvua ajan suhteen johtuen neliölakitunnistimen toiminnasta ja iteratiivisesta etenemisestä silmukkaintegraattorin 420 läpi. Lisäksi kuvio 5 esittää tunnistus-

35 kynnystason, joka on lisätty lähtöön silmukkaintegraatioaltomuodon 518 jälkeen. Tunnistuskynnystaso edustaa tunnistuskynnystasoa, jonka kynnysvertailija

426 on asettanut keräyspiirissä 400. On huomattava, että lähdön huiput silmukkaintegraatioaaltomuodon 518 jälkeen eivät kasva lineaarisesti, kuten yksittäisessä silmukkaintegrointi-
 5 piirissä 200, kuten esitetään kuviossa 3. Kuitenkin joka neljännen huipun amplitudi vastaten esitunnistuksen suodatinmuistia kasvaa lähes lineaarisesti. Kuten kuviossa 3 on edelleen huomattava, että amplitudien skaalat aaltomuodoille kuviossa 5 eivät välttämättä ole skaalattu toistensa suhteen.

10 Tulon analyysi suhteessa lähdön signaalikohinasuhteeseen eri parametreilla liittyen keräyspiirin 400 toimintaan johtaa seuraavaan yhtälöön:

$$(S/N)_{\text{out}} = L(S/N)_i^2 \times F \times \text{npostd} \times \text{npred} / (1/(F \text{ npred}) + 2 (S/N)_i)$$

15

Yllä olevassa yhtälössä muuttujilla on seuraavat arvot:

$$\begin{aligned} L &= L_{\text{dopp}} \times L_{\text{data}} \\ L_{\text{dopp}} &= \text{sinc}^2(\text{freq_offset} \times \text{npred} \times 0.001) \\ 20 \quad L_{\text{data}} &= (1 - 0.315 \times \text{npred}/20)^2 \end{aligned}$$

Yllä olevassa yhtälössä muuttujilla on seuraavat kuvaukset:

npred: esitunnistettujen kehysten summattu lukumäärä
 25 npostd riippumattomien jälkitunnistettujen kehysten summattu lukumäärä = kehysten kokonaismäärä/npred
 F: riippumattomien näytteiden lukumäärä PN-kehystä kohden, asetettu arvoon 1023
 30 L_{dopp}: häviö johtuen Doppler-virheestä
 L_{data}: häviö johtuen datasiirtymistä heikentäen koherenttia integraatiota
 freq_offset: kantotaajuuden virhe vastaanotetun signaalin ja vastaanottimen estimaatin välillä (sisältäen paikallisen oskillaattorin ja Dopplerin virheet)
 35

Yllä olevassa yhtälössä $(S/N)_{out}$ on huippulähtösignaalin teho jaettuna taustakohinatehon neliökeskiarvolla; ja $(S/N)_{in}$ on keskimääräinen signaaliteho jaettuna keskimääräisellä kohinateholla, joka on mitattu kaistanleveydellä vastaten alibittinopeutta (suunnilleen 1 MHz). Huomaa, että $(npred \times npostd)$ vastaa integroitujen PN-kehysten kokonaismäärää. Yllä olevaa yhtälöä voidaan käyttää $npostd$ ja $npred$ (M ja L kuviossa 4) parametrien valintaan maksimilähdön SNR:n saamiseksi (minkä normaalisti pitäisi ylittää n. 15 dB tai kertoimen n. 30 hyvän tunnistustodennäköisyyden ja pienen virhetunnistusasteen saavuttamiseksi). Joissain tilanteissa, kun Doppler-virhe voi olla suuri, voidaan hidastaa askelta tai säätää Doppler-ohjaustasoja lähtönä mikrokontrollerilta 428, kunnes tunnistus onnistuu.

Kuvion 4 keräyspiiri 400 myös sisältää rekisteripankin 418. Rekisteripankki on piirielementti, joka voi vastaanottaa dataa joko jälkitunnistuksen silmukkaintegraattorilta 420 tai esitunnistuksen silmukkaintegraattorilta 410. Jälkitunnistusdata jälkitunnistuksen silmukkaintegraattorilta 420 vastaa keräysmoodia. Signaaliseurannan ja demoduloinnin aikana GPS-vastaanottimen on seurattava kantotaajuutta ja -vaihetta samoin kuin PN-koodivaihetta ja demoduloitava 50-baudinen datasanoma. Tämä kaikki voidaan tehdä käyttäen I- ja Q-näytteitä sovitetulta suodattimelta signaalihiipussa ja sen läheisyydessä. Tässä tapauksessa esitunnistuksen silmukkaintegraattori 410 tehokkaasti, koherentisti lisää n. 10 datakehystä (puolen bitin jakson) ja lähettää tulokset lähellä huippua rekisteripankkiin. Tällöin tyypillinen päivitysnopeus on 100 päivitystä sekunnissa. Mikroprosessori lukee nämä tulokset ja toteuttaa kantoaallon, koodin ja bitin seurantasilmukat ohjelmassa ja lähettää ohjaussignaaleita (esimerkiksi mikrokontrollerilta 428) ylläpitämään asianmukaisen seurannan. Tällaisten seuran-

tasilmukoiden suunnittelu on tunnettua tekniikkaa. Huomaa, että on mahdollista käyttää vain yhtä silmuk-
kaintegraattoria kuviossa 4 esitetyn kahden sijaan. Yksi silmuk-
kaintegraattori palvelee joko keräystä tai
5 seurantaa. Kuitenkin tässä tilanteessa ei olisi lain-
kaan esitunnistusintegrointia keräyksen aikana ja jäl-
kitunnistusintegrointia seurannan aikana. Mikroproses-
sori kuitenkin pystyy suorittamaan jälkitunnistusinte-
groinnin seurannan aikana.

10

Sovitettu suodatin

Kuvio 6A esittää yksityiskohtaisen esityksen
sovitetusta suodattimesta 408 keräyspiirissä 400 kek-
sinnön erään sovelluksen mukaisesti. sovitettu suoda-
15 tin 408 käyttää painotettua osoitinviivetasorakennet-
ta. Suodatin 408 on jaettu kahteen erilliseen osaan.
Ensimmäinen osa sisältää alibittisovitetun suodattimen
604, joka on sovitettu yksittäisen alibitin aika-
aaltomuotoon. Alibittisovitettua suodatinta 604 seuraa
20 osoitinsuodatin 608, joka on sovitettu näennäissatun-
naisen signaalikuvion senhetkiseen kuvioon. Jakamalla
suodatin tällä tavalla osoitinsuodatin sisältää osoit-
timia, jotka olettavat vain arvoja ± 1 ja edelleen joka
toinen osoitin voidaan asettaa nollassi. Sovitetussa
25 suodattimessa, joka on esimerkkinä kuviossa 6A, olete-
taan, että näytteistysnopeus, joka muodostetaan osoi-
tinsuodattimelle 608 on kaksi näytettä alibittiä koh-
den generoituna alasnäytteistimellä 606.

Osoitinsuodatin 608 sisältää myös lisäinpuun
30 610 ja kertojat 612. Kuvio 6A järjestelmässä lisäinpuu
610 vaatii suunnilleen 512 lisäintä summauksen toteut-
tamiseksi. Tässä esimerkissä lisäinten koot vaihtelevat
 q :sta $q+10$ bittiin q :n ollessa tulon kvantisointi
(tyypillisesti 2- 4-bittiseen I:hin ja Q:hun). Saatua
35 kompleksisuutta voidaan merkittävästi vähentää käyttä-
mällä suurinopeuksisia kokoajia peräkkäisten lähtöjen
summaamiseksi kertojilta 612. Esimerkiksi yksi kokoaja

voisi summata kertojien lähdöt w1:stä w16:een ja toinen voisi summata lähdöt kertojilta w17:ltä w32:een jne. Tämä esitetään kuviossa 7 ja 8. Suoraviivainen sovellus käyttäen kokoajaa voisi käyttää 16:1 multiplekseriä, jonka tulot on kytketty kuhunkin rekisteriin F1 - G16 (esitetään kuviossa 8), jolloin voidaan vuorostaan valita näiden rekisterien lähdöt ja koota ne. Joissain tilanteissa tämä voi johtaa suureen porttimäärään.

5
10 Kuvio 7 esittää osoitinsuodatinta 608, jossa käytetään 16 osoitinta sisältävää suodatinta/kokoajaa 710 painotus- ja summaustoiminteen muodostamiseksi peräkkäisille 16 osoittimen ryhmille. Vastaavat rakenteet 706 ja 712 toteuttavat näiden elementtien 710
15 lähtöjen lisäyksen.

Kuvio 8 esittää yksityiskohtaisemmin suodatimen/kokoajan 710. Kuvion 8 piiri käyttää alilohkosarjaa, jossa jokainen sisältää kaksi siirtorekisteriä 802, 804, jotka on järjestetty kahteen silmukkaan datan tarjoamiseksi painotuskertojalle ja kokoajalle. Alilohko 802 sisältää multiplekserin ja alilohko 804 sisältää multiplekserin 808. Tällä järjestelyllä vältetään se, että tarvittaisiin joukko 16:1 multiplekseireitä datan valitsemiseksi, mikä joissain sovelluksissa johtaa erittäin porttiherkkään järjestelmään. 2.046 MHz:n kellojakson aikana siirtorekisteriä siirretään oikealle kerran ja kierrätetään 15 kertaa siten, että suodatustoiminne vastaten 16 rekisterin datamäärää toteutetaan käyttäen kellonopeutta, joka on 16-kertainen isäntäkelloon nähden. Siirtorekisterit sisältäen alilohkon 802 ja alilohkon 804 vastaavat parillista ja paritonta datanäytämäärää. Ylempi puolikas, alilohko 802 käsitellään yhden 2.046 MHz:n jakson aikana ja alempi alilohko 804 käsitellään seuraavan 2.046 MHz:n
25
30
35 jakson aikana. Tämä kaksoislohkorakenne käyttää hyödykseen sitä tosiasiaa, että vain puolet rekistereistä

osoitinrekisterissä 608 on kytketty lisäinpuuhun 610 kullakin ajanhetkellä.

Kahden siirtorekisterin toiminta piirissä 800 on seuraava. Parillisella kahden MHz:n f_0 kellorajalla
5 multiplekseri 806 on 'A'-asemassa ja multiplekseri 810 on 'A'-asemassaan; rekisteri G16 kerrotaan osoitinpainolla 814 ja tallennetaan keräimeen 812 ja kaikki 'G'-rekisterit siirtyvät oikealle. Data rekisteristä G16 syötetään rekisteriin G1 seuraavassa lohossa. Multiplekseri 806 asetetaan sen jälkeen 'B'-asentoon ja data rekistereiden G2 - G16 huippujoukossa 802 kierrätetään, kerrotaan osoitinpainolla 814 ja kootaan kokoajassa 812. Parittomalla 2 MHz:n f_0 kelloajalla multiplekseri 808 on 'A'-asemassaan ja multiplekseri 810 on
15 'B'-asemassaan; rekisteri H16 kerrotaan osoitinpainolla 814 ja tallennetaan kokoajaan 812, ja kaikki 'H'-rekisterit siirtyvät oikealle. Data rekisteristä H16 syötetään rekisteriin H1 seuraavassa lohossa (ei esitetty). Multiplekseri 808 asetetaan sen jälkeen 'B'-
20 asemaan ja data rekistereiden H2 - H16 alajoukossa 804 kierrätetään, kerrotaan osoitinpainolla 814 ja kootaan kokoajassa 812. Sen jälkeen prosessi toistetaan.

Painoarvot osoittimelle siirretään siirtorekistereissä 814. Kun painoarvot on siirretty, ne yhdistetään kertojassa 816 multiplekserin 810 lähtöön
25 ennen syöttämistä kokoajaan 812. Painoarvot ovat +/-1, joten kertoja 816 toimii valikoivana invertterinä. Tämä siirtorekisteri on 32 astetta pitkä. Se siirtää 16 kertaa f_0 :n kellojakson aikana.

30 Viitaten kuvioon 7, oletetaan, että tulonopeus suodattimelle on suunnilleen 2.046 MHz. Tällä tulonopeudella keräysnopeus on suunnilleen 32.736 MHz, joka on hyvin halvan integroidun piiriteknologian suorituskyvyn rajoissa. Täten osoitusuodattimen 608 prosessointi, joka esitetään lohkojen 702 ylärivillä kuviossa 7 (otsikoitu "16-osoittiminen suodatin/kokoaja")
35 voitaisiin toteuttaa 64 tällaisella kokoajalla, joiden

kunakin koko on $q+4$ bittiä. Arvolle $q=4$ tämä vastaa suunnilleen 512 täyttä lisääjää, joka vastaa kahden 16×16 kertojan kompleksisuutta (ilman rekistereitä, jotka ovat osa kokoajaa). Täten yksi I- ja yksi Q-
 5 sovitettu suodatinkanava esittäisi porttikompleksisuuden, joka vastaa suunnilleen neljää 16×16 kertojaa lisättynä tallennusbiteillä kooltaan suunnilleen 17500 (4-bittiselle I- ja Q-kvantisoinnille). Tämä luku voitaisiin sen jälkeen kertoa sovitetun suodattimen käytettyjen kanavien määrällä. Tietenkin, jos kokoajat toimivat suuremmalla nopeudella, vaadittujen porttien määrää voidaan edelleen vähentää.

64 kokoajan 702 lähdöt kuviossa 7 yllä olevalle esimerkille vedostetaan nopeudella 2.046 MHz.
 15 Nämä signaalit voidaan asettaa 64 rekisterin joukkoon ja siellä järjestää neljään 16 rekisterin joukkoon. Nämä toiminnot toteutetaan lohkoilla 712. Koska vedostus (näytteistys) -nopeus on 32.736 MHz, niin kunkin 16 rekisterin ryhmän lähdöt voidaan koota kuvion 8 rakennetta vastaavalla rakenteella (osoitinpainot asetettuna ykköseksi). Tällöin tarvittaisiin neljä tällaista kokoajaa. Täten voisi seurata 4-osoittiminen kokoaja 706, joka vastaisi 16-osoittimista kokoajaa, mutta käyttäisi kelanopeutta, joka on neljäsosa niiden
 25 kelanopeudesta ja jonka siirtorekisterit olisivat pituudeltaan 4, 16 sijaan. Tällöin on huomattava, että summaukseen tarvittava laitteisto on vain 10 % suurempi kuin alkuperäisen 64 suodatus/kokoamistoiminteen vaatima määrä. Huomaa, että vain yksi alibittitaso sovitettu suodatin 604 tarvitaan kaikkien tällaisten PN-tason sovitettujen suodattimien palveluun.

Keksinnön vaihtoehtoisessa sovelluksessa sovitettu suodatin voidaan toteuttaa piirillä, joka toteuttaa nopean Fourier-muunnoksen (FFT:n). Tällöin
 35 kohdistettu viiverajasuodatin 408 keräyspiirissä 400 toteuttaa FFT-toiminteet nopeille konvoluutioille. Viitaten kuvioon 6A, jossa on ymmärrettävä, että FFT-

piiri korvaa osoitetun viiverajasuodattimen 608, FFT-toiminne toteutetaan signaalidatalle 602 ja painovektoreille 612. Sen jälkeen nämä kaksi kerrotaan yhteen ja tulos käänteismuunnetaan rengaskonvoluution laske-

5 miseksi, kuten ammattimiehille on selvää. Tämä toimintesarja voidaan toteuttaa kullekin PN-kehykselle ja saatu data voidaan koota ja tunnistaa elementeillä 410, 416 ja 420.

Rengaskonvoluution sijaan vaihtoehtoinen toteutustapa on toteuttaa "limityslisäys" tai "limitystallennus" -toiminteet. Nämä toiminteet ovat ammattimiehille tuttuja ja välttävät rengaskonvoluution monimutkaisemman prosessoinnin kustannuksella. Kuitenkin tämä vaihtoehtoinen sovellus voi johtaa parempaan tehokkuuteen. Muita nopean konvoluution menetelmiä myös tunnetaan alalla. Esimerkiksi julkaisusta "Fast Fourier Transforms and Convolution Algorithms", H.J. Nussbaumer, New Yourk, Springer-Verlag, 1982 tunnettuja menetelmiä voidaan myös käyttää korvattaessa keksinnön suodatustoiminnetta.

10
15
20

Vielä keksinnön eräässä sovelluksessa keräyspiirin 400 sovitettu suodatin voidaan korvata koherentilla integrointitoiminteella silmukassa 410. Sekä sovitettu suodatustoiminne että koherentti integrointitoiminne ovat lineaarisia aikariippumattomia suodatustoiminteita ja on tunnettua, että tällainen korvaus johtaa identtiseen lähtöön komposiittifunktiolta olettaen, että käytetään riittävän tarkkaa numeerista esitystä. Näiden operaatioiden vaihtaminen voi johtaa pienempään laitteistovaatimukseen riippuen kunkin toiminteen toteuttamiseen käytetystä tarkasta menetelmästä (kuten sovitettu FFT-suodatin vs. osoitettu viiverajasummaverkko).

25
30

Vielä keksinnön eräässä sovelluksessa neliointitoiminne 206 ja 214 voidaan korvata neliöjuuri-toiminteella tai muulla epälineaarisella tunnistetoi-

35

minteella, joka poistaa signaalivaiheen kootusta signaalista, joka on lähetetty tälle piirille.

Yksinkertaistettu sovitettu suodatin

5 Yllä olevassa esityksessä sovitettu suodatin
408 jatkuvasti laskee kunkin näytearvon vastaten kaik-
kia PN-alibittejä GPS-kehyksessä (1023 alibittiä, tyy-
pillisesti 2046 näytearvoa käsittäen kaksi näytettä
10 alibittiä kohden). Kuitenkin on mahdollista vähentää
sovitetun suodattimen monimutkaisuutta ja silti yllä-
pitää esillä olevan keksinnön edut.

Eräs menetelmä sovitetun suodatinosan moni-
mutkaisuuden vähentämiseksi on käyttää sovitettua suo-
datinta, joka jatkuvasti antaa lähdön, mutta jonka pi-
15 tuus (eli impulssivasteen kesto) on pienempi kuin koko
PN-sekvenssi. Keksinnön erään sovelluksen mukaisesti
kuvion 6A sovitettu suodatin 408 on rakenteellisesti
yksinkertaistettu. Esimerkiksi siirtorekisteri 614
voisi käyttää vain 127 rekisteriä täyden 2045 rekiste-
20 rin sijaan ja painorakenne 612 voisi käyttää 64 painoa
täyden 1023 painon sijaan. Tämä johtaa yksinkertaisem-
paan sovitettuun suodattimeen 408 kertoimella 16. Täs-
sä sovelluksessa lisäinpuuta 610 myös vähennetään vas-
taamaan siirtorekisterin ja painorakenteiden pienen-
25 nettyä skaalaa.

Sovitettu suodatin tämän rakenteellisen yk-
sinkertaistamismenetelmän mukaisesti johtaa heikenty-
neeseen järjestelmäherkkyyteen, koska kokonaisinte-
graatioaika lähtödatasanaa kohden on pienempi kuin ko-
30 konainen PN-alikehys. Kuitenkin taataan huipun muodos-
taminen kussakin PN-kehyksessä ja myös nopea keräysai-
ka suhteessa vaihtoehtoisiin menetelmiin. On huomatta-
va, että skaalan pienennykset siirtorekisterissä, pai-
norakenteissa ja lisäinpuussa sovitetussa suodattimes-
35 sa 408, muutkin kuin eksplisiittisesti mainitut, ovat
mahdollisia ja johtavat suhteellisesti muutettuihin

suodatuskykyominaisuuksiin.

Kuvio 6B esittää yksinkertaistettua sovitettua suodatinta keksinnön vaihtoehtoisen sovelluksen mukaisesti. Sovitettu suodatinjärjestelmä 640 muodostaa osan mahdollisista lähdöistä PN-kehyksessä, mutta sillä on sovitetun suodattimen pituus, joka tehollisesti vastaa PN-kehysten pituutta. Esimerkiksi tämä vastaisi suodattimen muodostamista, joka muodostaa lähdön kullekin 64 peräkkäiselle kellojaksolle 2046:sta kellojaksosta PN-kehystä kohden. Jokainen lähtö esittäisi potentiaalista pseudoaluetta.

Sovitetulla suodattimella 620 on sama herkkyys kuin normaalilla sovitetulla suodattimella 408 vastaten pituudeltaan PN-kehysten pituutta; kuitenkin, koska se muodostaa vain osan kaikista lähdöistä kehystä kohden, sen todennäköisyys huipun muodostamiseen kutakin kehystä kohden on muodostettujen lähtöjen määrän ja PN-kehyspituuden suhde. Täten 100 %:n todennäköisyyden saavuttamiseksi keräykselle muodostetun lähdön pitäisi "askeltaa" aikasiirtymän täyden alueen yli vastaten yhtä PN-kehystä. Esimerkiksi yllä kuvatussa esimerkissä, jossa 64 lähtöä annetaan 2046:sta kellosta PN-kehystä kohden, on 2046/64 tai 32 askelta, jotka vaaditaan täyden PN-alueen kattamiseen. Sovitettu suodatin tämän vaihtoehtoisen sovelluksen mukaisesti on herkkyydeltään parempi kuin aikaisemmin esitetyt yksinkertaistetut suodatinmenetelmät.

Sovitettu suodatinjärjestelmä 640 sisältää sovitetun suodattimen 620, joka muodostaa mahdollisten lähtöjen alijoukon PN-kehystä kohden. Erityisesti esitetty rakenne muodostaa 32 lähtöä PN-kehystä, jonka pituus on 1023, kohden. Seuraavan esityksen selventämiseksi oletetaan, että näytteistysnopeus on yksi näyte alibittiä kohden eli 1.023 Mnäytettä/s (C/A-koodeille käyttäen standardin mukaista paikannuspalvelua GPS:ää). Edelleen selvyuden vuoksi kuvio 6B esittää yhden sovitetun suodattimen 620, joka voi käsitel-

lä 32 datanäytettä kerrallaan. Tähän suodattimeen voidaan yhdistää silmukkaintegraattori 630 pidemmän suodattimen muodostamiseksi, erityisesti pituudeltaan 1023.

5 Seuraavassa esityksessä viitataan kuvioon 6B, jossa siirtorekisterielementit 622 ja painorakenne 624 saavat nimetyt erityiset, mutta esimerkinomaiset arvot tietyllä ajanhetkellä. Ajanhetkellä 0 ($t=0$) datanäytteet rekistereissä R1 - R32 ovat, vastaavasti $x(32)$,
 10 $x(31)$, ..., $x(1)$, missä $x(1)$ edustaa ensimmäistä tulodatanäytettä ajan suhteen, $x(2)$ toista jne. Ajanhetkellä $t=0$ suodatinrakenne 620 muodostaa tuloksen $x(1)w(1023)+x(2)w(1022)+ \dots +x(31)w(992)$. Vastaavasti ajanhetkillä $t=1 - t=31$ suodatinpainot 624 pysyvät sama-
 15 mana, mutta dataa siirretään yhden paikan verran ja vastaava laskenta toteutetaan. Silloin seuraava data on lähtönä sovitetulta suodattimelta ja se tallennetaan silmukkaintegraattoriin 630 ensimmäiselle 32 kel-
 lojaksolle (kukin rivi vastaa yhtä peräkkäistä lähtö-
 20 datanäytettä):

Lohkon 1 sovitetun suodattimen laskenta

$$x(1)w(1023)+x(2)w(1022)+ \dots+x(32)w(992)$$

25 $x(2)w(1023)+x(3)w(1022)+ \dots+x(33)w(992)$

•
•
•

$$x(32)w(1023)+x(33)w(1022)+ \dots+x(63)w(992)$$

30

Tällä ajanhetkellä, kun 32 näytettä on käsitelty, painot korvataan painoilla, jotka ovat 32 pienempiä kuin niiden alkuperäiset arvot (eli $w(991) \dots, w(960)$) ja sovitettu suodatin muodostaa tulokset
 35 seuraavalle 32 näytteelle (ajanhetkillä $t=32 - t=63$):

Lohkon 2 sovitetun suodattimen laskenta

$$x(33)w(991)+x(34)w(990)+ \dots+x(64)w(960)$$

$$x(34)w(991)+x(35)w(1022)+ \dots+x(65)w(960)$$

•

5

•

•

$$x(64)w(991)+x(65)w(990)+ \dots+x(95)w(960)$$

10 Silmukkaintegraattorin 630 vaikutus kuitenkin on lisätä yhteen vastaavat kahden ylhäällä olevan matriisin rivit, jolloin saadaan siirtorekistereissä kokonaistulokseksi kullekin ajanhetkelle $t=23 - t=63$.

Lohkon 2 silmukkaintegraattorin lähtö

15 $x(1)w(1023)+x(2)w(1022)+ \dots+x(64)w(960)$

$$x(2)w(1023)+x(3)w(1022)+ \dots+x(65)w(960)$$

•

•

•

20 $x(32)w(1023)+x(33)w(1022)+ \dots+x(95)w(960)$

Jokainen rivi tässä jälkimmäisessä matriisissa on identtinen pituudeltaan 64 sovitetun suodattimen muodostamaan riviin vastaten lähtöä ajanhetkellä $t=0, 1, \dots, 31$. täten silmukkasuodatin toteuttaa vaaditut funktiot mahdollistaakseen sovitetun suodattimen toiminnan pidempänä sovitettuna suodattimena. Vastaavasti jokaisen 32 lisänäytteen jälkeen uusi painojoukko otetaan käyttöön 32 pienempänä kuin edellinen joukko. Yllä oleva analyysi soveltuu ja silmukkaintegraattorin lähdöt kunkin 32 lisänäytteen jälkeen edustaa suodatinlähtöjä ajanhetkillä $t=0 - t=31$, joka johtaisi pidempiin sovitettuihin suodattimiin. 32 tällaisen jakson jälkeen sovitetulla suodattimella 620 muodostettu datajoukko on:

35

Lohkon 32 sovitetun suodattimen laskenta

$$x(993)w(31)+x(994)w(30)+ \dots+x(1024)w(0)$$

$$x(994)w(31)+x(995)w(30)+ \dots+x(1025)w(0)$$

5

•
•
•

$$x(1024)w(31)+x(1025)w(30)+ \dots+x(1055)w(0)$$

Tämä data lisätään edelliseen dataan toiminnan toteuttamiseksi. Jokainen aikasilmuikkaintegraattori 630 päivitetään tässä viimeisessä lohkoissa, sen sisältö voidaan lähettää toiselle puskurille. Seuraava aikasilmuikkaintegraattori 630 päivitetään, sen alkutila voidaan asettaa nolllaksi, ellei haluta integroida useiden kehysten yli.

Eräs haittapuoli liittyen yllä esitettyyn esimerkkiin on, että kooltaan $w(0)$ painoa ei ole, koska on vain 1023 painoa PN-kehystä (ohden 8jos näytösnopeus vastaa PN-pituutta). Kuitenkin, jos $w(0)$ asetetaan arvoon $w(1023)$, muodostetaan tehokkaasti asianmukainen suodatinpituus 1024. Tämä sovellus hyödyntää PN-signaalin jaksollisuutta.

Toinen haittapuoli liittyen yllä mainitun esimerkin menetelmään on, että viimeinen rivi lohkoissa 32 alkaa arvolla $x(1024)$. Olisi edullista kuitenkin, jos sana olisi lohkon 1 ensimmäinen sana seuraavalle PN-kehykselle, jolloin sama sovitetun suodattimen lähtöjoukko lasketaan kullekin kehykselle, kehyspituuden 1023 modulo. Ongelma tässä on, että 32 ei jaa tasan lukua 1023. Tämä huipun kohdistusongelma voidaan ratkaista estämällä joukon 32 viimeisen rivin laskenta ja lisäämällä se silmuikkaintegraattoriin 630. Tämä tehokkaasti aikaansaa 32:n arvon silmukassa virheelliseksi ja täten vain 31 peräkkäistä sovitetun suodattimen lähtöä on voimassa. Sovitetussa suodattimessa 620 painot $w(1023), w(1022)+\dots+w(992)$ yksinkertaisesti ladattaisiin painorakenteeseen 624, 31:ssä jaksossa

lohkon 32 alusta jakson 32 sijaan. Edelleen silmuk-
kaintegraattorilaskin nollattaisiin tällä ajanhetkellä
ja samoin. Vaihtoehtoinen korjaus on käyttää sovitet-
tua suodatinta pituudeltaan 31 tai 33, jotka molemmat
5 jakavat 1023:n tasan.

Monet variaatiot ovat mahdollisia liittyen
yksinkertaistettuun sovitettuun suodatinrakenteeseen
640 kuviossa 6B. Ensiksi sovitettu suodatin 620 voi-
taisiin toteuttaa piirille 800 kuviossa 8, joka käyt-
10 tää vain yhtä kertojaa/kokoajaa. Edelleen suodatinpai-
not voidaan tuottaa siirtorekisterin kautta. Tällöin
toimintojärjestys, joka vaaditaan yllä olevassa mene-
telmässä, olisi yhtäpitävä sen kanssa, että yksinker-
taisesti muodostetaan painot sekventiaalisesti järjes-
15 tyksessä $w(1023)$, $w(1022)$, ... $w(1)$.

On myös mahdollista yhdistää kaksi tai useam-
pi suodatin/kokoaja kuviossa 7 kuvion 6B kokoajaan pi-
demmän sovitetun suodattimen (kuten 64 tai 128) to-
teuttamiseksi. Itse asiassa mitä tahansa sovitettua
20 suodatinrakennetta voidaan käyttää osoitetun viivera-
jarakenteen 622 sijaan sovitetussa suodattimessa 620.
On tietenkin mahdollista laskea epäjatkuva lähtöjoukko
sovitetulta suodattimelta usealla tavalla. Esimerkiksi
sovitetun suodattimen 620 siirtorekisteri 620 voitai-
25 siin siirtää neljä kertaa kutakin sovitettua suodatin-
laskentaa kohden joka neljännän sovitetun suodatinläh-
dön muodostamiseksi.

GPS-vastaanotin

30 Kuvio 9 esittää perinteisen GPS-vastaanot-
timen 900 keräyspiiriä keksinnön erään sovelluksen mu-
kaisesti. GPS-signaalit vastaanotetaan GPS-antennilla
902 ja ovat tulona GPS-vastaanottimelle 900 tulopiirin
904 kautta. PN-koodit vastaanotetuissa GPS-
35 signaaleissa kerätään ja niitä seurataan piirissä 400a
yhdessä ulkoisen prosessorin 910 kanssa yllä kuvatun

toiminteen, joka kuvattiin suhteessa kuvioihin 4 - 8, mukaisesti. Keräyspiirin 400a lähtö käsittää pseudoaluedatan 908 vastaten kultakin GPS-satelliitilta vastaanotettuja signaaleita. Kukin satelliitti myös lähettää efemerididataa, joka vastaanotetaan tulopiirillä 904 ja demoduloidaan piirillä 400b. Prosessori 910 käsittelee efemeridi- ja pseudoaluedatan määrittääkseen vastaanottimen paikan. Prosessorin 910 lähtö ohjaa tulo-/lähtölaitetta, kuten näyttöä 912, joka graafisesti tai tekstimuodossa esittää yksikön paikan. Tässä kokoonpanossa kuvion 4 piiri toteuttaa sekä keräyksen että seurannan yhdessä prosessorin 910 kanssa.

Kuvio 10 esittää keräyspiirin toteutusta GPS-vastaanottimessa 1000 keksinnön vaihtoehdoisen sovelluksen mukaisesti. GPS-vastaanotin 1000 on yhdistetty GPS- ja tietoliikennelähetinvastaanotin. Vastaanotin 1000 sisältää GPS-vastaanotinasteen sisältäen keräyspiirin 400 ja tietoliikennelähetinvastaanotinasteen 1020. GPS-signaalit vastaanotetaan GPS-antennin 1002 kautta ja syötetään keräyspiirille 400, joka kerää PN-koodit eri vastaanotetuille satelliiteille. Pseudoaluedata, joka muodostetaan keräyspiirille 400, käsitellään prosessorilla 1012 lähetettäväksi lähetinvastaanottimelle 1020. Lähetinvastaanotin 1020 sisältää lähetys-/vastaanottokytkimen (tai duplekserin 1008), joka reitittää tietoliikennesignaaleita (tyypillisesti RF-signaalit) tietoliikenneantenniin ja tietoliikenneantennilta 1004 ja vastaanottimeen 1000. Vastaanotetut tietoliikennesignaaleit ovat tulona tietoliikennevastaanottimeen 1010 ja siirretään prosessorille 1012 käsittelyä varten. Prosessorilta 1012 lähetettävät tietoliikennesignaaleit etenevät modulaattoriin 1014 ja taajuusmuuntimelle 1016. Tehovahvistin 1018 kasvattaa signaalin vahvistusta sopivalle tasolle lähetettäväksi tukiasemaan 1006. Yhdistetyssä GPS-/tietoliikennejärjestelmän vastaanottimessa 1000 keräyspiirille 400 generoitu pseudoaluedata lähetetään tietoliikenneyh-

teyden kautta tukiasemaan 1006. Tukiasema 1006 sen jälkeen määrittää vastaanottimen 1000 paikan perustuen pseudoaluedataan etävastaanottimelta ja efemerididataan, joka on vastaanotettu sen omalta GPS-vastaanottimelta tai muulta tällaisen datan lähteeltä.
5 Datan paikka voidaan lähettää takaisin GPS-vastaanottimelle 1000 tai toiseen etäpaikkaan. Tietoliikenneyhteys vastaanottimen 1000 ja tukiaseman 1006 välillä voidaan toteuttaa usealla eri sovelluksella
10 sisältäen suoran linkin tai matkapuhelinlinkin.

Menetelmä rekisteriluvun vähentämiseksi

Edellä kuvatut GPS-keräyspiirien esimerkit, jotka kaikki on toteutettu useina sovitettuina suodat-
15 timina rinnakkain, kukin vaativat erillisen siirtorekisterin tulevan datan tallentamista varten (kuten keräyspiiri 200 kuviossa 2). Näille piireille, jos suuri kanavamäärä toteutetaan rinnakkaisena, esimerkiksi 8 kanavaa, niin rekistereiden määrä tulee suureksi ja
20 saattaa dominoida järjestelmän kokonaisporttimäärää. Edelleen voi olla hyväksyttävä tehontarve liittyen tähän suureen rekisterimäärään. Keksinnön eräässä sovelluksessa GPS-keräyspiiri tulo-GPS-signaalidatan pitämiseksi käyttää yksittäistä siirtorekisteriä tuloas-
25 teessa.

Syy, miksi monen sovitetun suodatinkanavan joukko perinteisesti tarvitsee monta siirtorekisteriä, on, että edellytykset Doppler-kantoaallon korjauksen ja Doppler-aikakorjauksen (näytekellon muutoksen) suorittamiselle muuttuvat yhdeltä kanavalta seuraavalle siirryttäessä. Täten, jos Doppler-kantoaallon korjaus toteutetaan tulevalle datalle, N uutta datajonoa vastaten N:ää eri Doppleria N:lle kanavalle joudutaan muodostamaan. Vastaavasti signaalin muuttuvan alibit-
30 tinopeuden seuraamiseksi siirtorekisterille, joka pitää dataa, syötetty kello muuttuu tiettyyn kanavaan liittyvän Dopplerin vaatimalla tavalla. Tämä jälleen

on perinteisesti toteutettu siten, että käytetään erillisiä rekistereitä kunkin kanavan datan pitämiseen.

Keksinnön eräessä sovelluksessa kompensoidaan muuttuva kantoaalto muuttamalla sovitettuja suodatinpainoja säännöllisesti (esimerkiksi kerran PN-kehystä kohden tai kerran millisekunnissa), yhdessä kantoal-
5 tokorjauksen kanssa sovitetun suodattimen jälkeen. Tämä sovellus siten eliminoi erillisten siirtorekisterien käyttötarpeen. Tehollisen näytteistysnopeuden muu-
10 taminen on jälleen sovitetun suodattimen painojen muuttamista säännöllisesti yhdessä datasiignaalin uudelleennäytteistykseen kanssa sovitetun suodatintoimin-
teen jälkeen.

Kuvio 11 on lohko-kaavioesitys pienennetyn rekisterin omaavasta GPS-keräyspiiristä esillä olevan keksinnön erään sovelluksen mukaisesti. Piirissä 1100 tulodata syötetään yksittäiseen datansiirtorekisteriin 1102. Tulosiirtorekisterin koko on tyypillisesti 1023
20 tai 2046 riippuen näytteiden määrästä alibittistä kohden. Siirtorekisterin 1102 lähtö syötetään rinnakkain N:lle sovitetulle suodatinkanavalle, 1104, 1106 jatku-
en aina kanavalle 1108. Ensimmäisen sovitetun suodatinkanavan 1104 käsittävät piirit esitetään yksityis-
25 kohtaisemmin; kuitenkin on ymmärrettävä, että N sovitettua suodatinkanavaa sisältää identtiset piirit. Jokainen kanava sisältää varaston kantoaallon vakioarvoille 1112 ja varaston PN-vakioarvoille 1114. Kantoaallon vakiot ovat tulona kantoaallon painotuspiirille
30 1118. Vastaavasti PN-vakiot ovat tulona PN-painotuspiirille 1120. Painotettu kantoaalto- ja PN-vakiot yhdistetään summausverkossa 1122.

Tällöin data siirtorekisteriltä 1102 on edennyt N:n sovitetun suodatinverkon läpi, joista kukin
35 yhdistää PN- ja taajuusvakiot. Tämän järjestelyn tarkoituksena on, että jos yksittäinen PN-kehys tulosignaalin olisi muotoa $s(t) = P(t-d) \exp(j2\pi ft)$, missä

$p(t)$ on 1023 alibitin PN-sekvenssi, f on Dopplertaajuuden residuaali ja d on suhteellinen viive, niin sovitettu suodatin tälle signaalille omaisi impulssivasteen, joka on identtinen $s(t)$:lle, paitsi ajan suhteen kääntynyt. Tämä painotusfunktio voidaan jakaa kahteen osaan, joista toinen vastaa PN-sekvenssiä $P(t-d)$ ja toinen vastaa kantoaallon painotusfunktiota $\exp(j2\pi ft)$, t :n vaihdellessa 0:sta suodattimen impulsivasteen pituuteen (tyypillisesti 1 millisekuntiin).
5
10 Koska f ja d muuttuvat kanavalta toiselle, ja myös muuttuvat hitaasti ajan suhteen, nämä painotusfunktiot on säännöllisesti päivitettävä. Useimmissa tapauksissa päivitys kerran millisekunnissa (PN-kehyksessä) on enemmän kuin riittävä, koska kantotaajuus muuttuu vain
15 vähän (tyypillisesti alle 1 Hz) ja PN-vaihe muuttuu erittäin vähän (vähemmän kuin 0.03 alibittiä) yhden millisekunnin aikana.

Kantoaallon painotuspiirin 118 ja PN-painotuspiirin 1120 toiminta esitetään tarkemmin kuviossa 12. Yhdistetty "w" ja "c" suodatinvakiot, joita käytetään kuvioissa 11 ja 12, vastaavat suodattimen siirtofunktiota, ei peruskaistalla, vaan taajuudella f . Täten data, joka lähtee sovitetulta suodattimelta, ei myöskään ole peruskaistalla. Täten, jos peräkkäisiä
25 PN-kehysistä sovitetulta suodattimelta (esim. viiveraja-integraattorilta kuviossa 4) koherentisti yhdistetään, signaalin kantotaajuus sovitetulta suodattimelta on kompensoitava siten, että vaiheet kulkevat kehyksestä toiseen. Tämä kompensointi toteutetaan kertojalla 1124 kuvion 11 kanavan 1 lähdössä. Yleisimmässä
30 muodossaan oskillaattori 1116 syöttäen kertojaa 1124 on yksinkertaisesti $\exp(-j2\pi ft)$, missä f on Doppler, joka on korjattava, ja t on jatkuvasti lisääntyvä aika. Tämä sen jälkeen alasmuuntaa signaalin suodattimen
35 lähtöön 0-taajuudelle ja mahdollistaa kehys kehykseltä integroinnin.

Koherentin kehys kehykseltä lisäyksen toteut-
tamiseksi ei ole tarpeen käyttää kantovaiheen synteti-
saattoria 1116 piirissä 1100, vaan sen sijaan yksi
vaihe voi olla käytössä koko kehyksellä. Vaihetta on
5 sen jälkeen lisättävä seuraavalle kehykselle kootun
Doppler-vaiheen kehystä kohden vastaavalla määrällä,
nimittäin $2\pi f T_f$:llä, missä T_f on kehyksen kesto (yksi
millisekunti). Tämä sovellus pienentää kantovaihesyn-
tetisaattorin 1116 toimintanopeutta. On huomattava,
10 että vierekkäiset näytelähdöt sovitetulta suodattimel-
ta tätä taajuusmuunnosta seuraten tässä tapauksessa
omaavat hieman eri vaiheen, nimittäin $2\pi f T_c/n$, missä T_c
on alibitin kesto. Normaalisti pienet Doppler-virheet
liittyen GPS-satelliitteihin (tyypillisesti alle 3500
15 Hz:n) johtavat siihen, että tämä vaihe-ero on merki-
tyksetön (alle 1 asteen).

Tämän kantovaihesyntetisaattorin 1116 lähtö
syötetään digitaaliseen uudelleennäytteistyspiiriin
1126. Tämä piiri toimii muuttuvana viiverajana, joka
20 voi viivästä tulosignaalia alueella $\pm 1/2$ näytettä.
Tämä voidaan tehdä yksinkertaisimmalla tavalla lineaa-
risella interpolaattorilla, joka yksinkertaisesti pai-
nottaa kaksi vierekkäistä näytettä suhteessa aikaeroi-
hin halutussa näytteistysajassa suhteessa lähimmän
25 kahden näytteen aikoihin sen molemmin puolin. Lineaa-
rinen interpolaatio johtaa signaalispektrin siirtymi-
seen; kuitenkin tämä voidaan kompensoida ekvalisoin-
tisuodattimella, joka on sijoitettu ennen sovitettua
suodatinta, esimerkiksi osaksi alibittisovitettua suo-
30 datinta 1202 kuviossa 12. Kun yli puolen näytteen vii-
vettä tarvitaan, käytetään yksinkertaisesti rengas-
siirtoa PN-vakioille, jotka on tallennettu varastoon
1114 etenevää tai palaavaa "eteenpäin/palaa-
komentoin", kuten esitetään kuviossa 11, ja sen jäl-
35 keen säädetään uudelleennäytteistyspiirin hienointer-
polaatiota. PN-vakioiden päivittäminen tällä tavalla
on suhteellisen epäsäännöllinen operaatio, joka vaadi-

taan alle kolme kertaa sekunnissa johtuen suhteellisen pienestä aika-Dopplerista liittyen GPS-satelliitteihin (tyypillisesti alle 2700 nsek/sek). Kaikkien yllä olevien toimintojen ohjaus voidaan toteuttaa piirissä
 5 1100 perinteisellä mikrokontrollerilla tai mikroprosessorilla 1110.

Kuvio 12 esittää esimerkkiä siitä, miten erillinen painotus PN- ja kantotaajuudelle voidaan toteuttaa esillä olevan keksinnön eräässä sovelluksessa.
 10 Sovitettu suodatin 1200 käyttää painotettua viiverakennetta. Tulovaiheen tai neliövaiheen datatulo on tulona alibittisovitetulle suodattimelle 1202, joka sovitetaan yksittäisen alibitin aika-aaltomuotoon. Lähtö alibittisovitetulta suodattimelta 1202 sen jälkeen
 15 alasnäytteistetään kahteen näytteeseen alibittiä kohden alasnäytteistimessä 1204. Alasnäytteistety signaali sen jälkeen syötetään viiverajasuodattimeen, joka on sovitettu senhetkiseen näennäissatunnaiseen signaalikuviioon. "w"-vakioita 1206 osoitinsuodattimessa ovat
 20 ne, jotka vastaavat PN-vakioita ja "c"-vakioita 1208 ovat ne, jotka vastaavat kantotaajuutta. Lähdöt painotetuilta signaaleilta sen jälkeen yhdistetään lisäinpuussa 1210 lähdön muodostamiseksi sovitetulta suodattimelta 1200. Kuvion 12 piiri edustaa etenevän sovel-
 25 luksen modifikaatiota kuvioista 6A. Kuitenkin piirin 1200 painotusta voidaan vastaavasti käyttää eri tehoissa sovitetuissa suodatinrakenteissa, joita tässä esitetään, kuten kuvioiden 6B, 7 ja 8 rakenteissa.

Kuten voidaan nähdä, on mahdollista yhdistää
 30 kuvion 12 painot, jolloin w- ja c-painot voidaan yhdistää painojen $d_1=w_1 \times c_1$, $d_2=w_2 \times c_2$ jne. muodostamiseksi. Tällaisilla yhdistelmillä vältettäisiin kaksi tulotoiminnetta. Kuitenkin piirissä 1200 esitetty järjestely on jonkin verran edullisempi kuin tämä sovel-
 35 lus. Ensiksi useissa tapauksissa PN-vakiot w ovat täysin reaalisia eli niillä ei ole kvadratuurikomponenttia. Täten kuviossa 12 w-vakiot vaativat vain 1023 sa-

nan tallennuksen ja 1023 tuloa lähtöä kohden tulovaiheen ja neliövaiheen pisteessä. Taajuusvakiot c , jotka ovat kompleksisia, käsittävät sekä tulovaiheen että neliövaiheen komponentin. Täten ne vaatisivat 2046 sanna tallennuksen ja myös vaativat 4092 tuloa ja 2048 lisäystä lähtöpisteen tulovaiheessa tai neliövaiheessa. Tämä suuri määrä tallennettavia taajuusvakioita voi pienentyä merkittävästi, jos joukko peräkkäisiä c -vakioiden arvoja valitaan identtiseksi, esimerkiksi

10 16. Tämä voidaan tehdä useissa tapauksissa, koska Doppler-korjaukset ovat normaalisti erittäin pieniä, luokkaa joitain kHz ja tehollinen tila näytteiden välillä painotettuna peräkkäisillä vakioilla on suunnilleen 1 MHz. Täten peräkkäiset taajuusvakiot vastaavat

15 vaiheen muutosta luokkaa 0.003 maksimissaan tai n. 1 astetta vaiheessa. Jos 16 taajuusvakiota rivillä olisi samanlaisia, niin maksimivirhe tässä tapauksessa olisi n. 8 astetta, mikä johtaa alle 0.09 dB signaalitehon menetykseen.

20 Useimmissa tapauksissa PN-vakiot w on päivitettävä harvoin, koska aika-Doppler GPS:lle ei ylitä kolmea alibittiä sekunnissa. Kuitenkin kantoaallon Doppler-painot c on päivitettävä useammin, ehkä 100 kertaa sekunnissa, koska Doppler voi muuttua noin 1 Hz

25 sekunnissa. Päivitysprosessi voi johtaa pieneen signaalitehon menetykseen, koska painot häiriintyvät päivitysprosessin aikana (ellei kallista kaksoispuksuriosovellusta käytetä). Koska Doppler-painoja on paljon vähemmän kuin PN-painoja (olettaen, että 16 Doppler-

30 painoa rivillä ovat identtisiä), häiriön kesto (eli uuden datan lataaminen kantoaaltovakioiden varastoon 1112) minimoituu erottamalla painotusproseduurit, kuten esitetään kuviossa 12.

Joissain GPS-vastaanottimissa on paljon taajuus- ja näytteistysnopeusvirheitä johtuen heikosti ohjatusta paikallisesta referenssioskillaatista. Esimerkiksi, jos kymmenen osaa miljoonasta (PPM) kris-

tallioskillaaattoria käytettäisiin, niin taajuusvirheet 15750 Hz:n ympärillä esiintyisivät kaikilla kanavilla (jättäen huomiotta paljon pienemmät Doppler-taajuusvirheet) ja vastaavasti 10 mikrosekunnin näyt-
5 teistysaikavirheet sekuntia kohden seuraisivat. Vaikka piirit 1100 ja 1200 kuviossa 11 ja 12, vastaavasti, voivat sovittaa tällaiset suuret virheet, voidaan havaita edeltävästä esityksestä, että tällaisilla suurilla virheillä voi olla negatiivinen vaikutus järjestelmän suorituskykyyn ja/tai kompleksisuuteen. Tämä tilanne on erityisesti silloin, kun halutaan peräkkäisten taajuusvakioiden määrän olevan sama. Tämän tyyppinen suuri taajuusvirhe, joka on yhteinen kaikille kanaville (eli on yhteismuotoinen), voidaan helposti
10 kompensoida käyttämällä yhtä digitaalista taajuusmuunnospiriä ennen kuvion 11 sovitettua suodatinta (kuten ennen datansiirtorekisteriä tai juuri sen jälkeen). Tämä eliminoi tarpeen peräkkäisille piireille tällaisten suurten virheiden kompensoimiseksi. Näyt-
15 teistysnopeus on yhä suhteellisen pieni, joten sitä ei tarvitse erikseen kompensoida vastaavalla tavalla.

Vaikka keksinnön mukaiset menetelmät ja laitteet on kuvattu viitaten GPS-satelliitteihin, on selvää, että nämä opetukset ovat yhtäpitäviä niissä paikallisjärjestelmissä, jotka käyttävät pseudoliittejä
25 tai satelliittien ja pseudoliittien yhdistelmää. Pseudoliitit ovat maalla toimivia lähettimiä, jotka lähettävät PN-koodia (vastaa GPS-signaalia), joka on moduloitu L-kaistan kantosignaalille, ja yleensä synkronoitu GPS-aikaan. Jokaiselle lähettimelle voidaan nimetä uniikki PN-koodi, jotta se voidaan identifioida etävastaanottimessa. Pseudoliitit ovat käyttökelpoisia tilanteissa, joissa GPS-signaalit maata kiertäviltä satelliiteilta ovat saavuttamattomissa, kuten tunneleissa, kaivoissa, rakennuksissa tai muilla suljetuilla alueilla. Termi "satelliitti" tässä käytettynä on
35 tarkoitettu sisältämään pseudoliitit tai niitä vastaa-

vat laitteet ja termi GPS-signaalit, tässä käytettynä, on tarkoitettu sisältämään GPS-signaaleita vastaavat signaalit pseudoliitteilta tai vastaavilta laitteilta.

Edeltävässä esityksessä keksintöä on kuvattu viitaten Yhdysvaltojen globaaliin paikannussatelliittijärjestelmään (GPS). On totta kuitenkin, että nämä menetelmät voidaan yhtä hyvin soveltaa vastaaviin satelliittipaikannusjärjestelmiin, kuten venäläiseen Glonass-järjestelmään. Termi "GPS" tässä käytettynä sisältää tällaiset vaihtoehtoiset satelliittipaikannusjärjestelmät, sisältäen venäläisen Glonass-järjestelmän. Termi "GPS-signaalit" sisältää signaalit vaihtoehtoisilta satelliittipaikannusjärjestelmiltä.

Edellä olevassa järjestelmä on kuvattu vastaanottamaan GPS-signaalit nopeakeräyksisellä suuritarkkuuksisella keräyspiirillä. Vaikka esillä olevaa keksintöä on kuvattu viitaten tiettyihin esimerkkisovelluksiin, on selvää, että useat modifikaatiot ja muutokset voidaan tehdä näihin sovelluksiin poikkeamatta keksinnön hengestä ja piiristä, joka määritellään patenttivaatimuksissa. Näin ollen selitystä ja piirustuksia on pidettävä esimerkinomaisina eikä rajoittavina.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalien keräämiseksi, t u n n e t t u siitä, että menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

5 vastaanotetaan maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalien näyte;

lähetetään maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalien näyte sovitetuille suodattimille siirtorekisterin viivelähtöjen kautta;

10 kussakin sovitetussa suodattimessa sovitettujen suodattimien joukossa muodostetaan sovitettu suodatinpaino, ensimmäinen painotettujen kertoimien jono vastaten pseudosatunnaista sekvenssiä ja toisen painotettujen kertoimien jonon vastaten kantotaajuussekvenssiä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että siirtorekisterin pituus vastaa sovitettujen suodattimien maksimipituutta.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, 20 t u n n e t t u siitä, että:

muutetaan yhtä tai useampaa painotettua kerrointa ensimmäisessä painotettujen kertoimien sarjassa jaksoittain; ja

25 lisätään aikakorjaus GPS-signaalien näytteeseen sovitetun suodatintoiminteen jälkeen kussakin sovitetussa suodattimessa sovitettujen suodattimien joukossa.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että menetelmä edelleen käsittää 30 seuraavat vaiheet:

muunnetaan yhtä tai useampaa painotettua kerrointa toisessa painotettujen kertoimien jonossa jaksoittain; ja

35 lisätään kantotaajuuskorjaus GPS-signaalien näytteeseen sovitetun suodatintoiminteen jälkeen kussakin sovitetussa suodattimessa sovitettujen suodattimien joukossa.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmä edelleen käsittää seuraavat vaiheet:

muunnetaan yhtä tai useampaa painotettua kerrointa toisessa painotettujen kertoimien jonossa jaksoittain; ja

lisätään kantotaajuuskorjaus GPS-signaalin näytteeseen sovitettua suodatintoiminteen jälkeen kussakin sovitetussa suodattimessa sovitettujen suodattimien joukossa.

6. Piiri maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalien keräämiseksi ja seuraamiseksi vastaanotettuna maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän vastaanottimessa, tunnettu siitä, että keräyspiiri (400) käsittää:

tulosignaaliportin (402) maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän signaalien vastaanottamiseksi; sovitettua suodattimen (408), joka on kytketty tulosignaaliporttiin suodatetun datajoukon muodostamiseksi;

ensimmäisen silmukkaintegraattorin (410), joka on kytketty sovitettua suodattimen lähtöön, jolla ensimmäisellä silmukkaintegraattorilla on lähtö;

epälineaarisuusoperaattorin, joka on kytketty ensimmäisen silmukkaintegraattorin lähtöön, jolla epälineaarisuusoperaattorilla on lähtö;

toisen silmukkaintegraattorin (420), joka on kytketty epälineaarisuusoperaattorin lähtöön;

ja että ensimmäinen silmukkaintegraattori (410) yhdistää ensimmäisen suodatetun datalohkon sovitetusta suodattimesta (408), ja että ensimmäisen datalohkon alku ja seuraavan datalohkon alku esiintyvät ajanhetkinä, joita erottaa GPS-signaalien kehyskeston moninkerta.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen piiri, tunnettu siitä, että piiri edelleen käsittää:

digitaalisen taajuusmuunnospiirin (406), joka on kytketty tulosignaaliporttiin;

digitaalisen uudelleennäytteistyspiirin (404), joka on kytketty digitaaliseen taajuusmuunnospiiriin
5 (406); ja

rekisteripankin (418), joka on kytketty ensimmäiseen silmukkaintegraattoriin (410) ja toiseen silmukkaintegraattoriin (420).

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen piiri,
10 tunnettu siitä, että se seuraa ainakin yhtä vastaanotettujen GPS-signaalien osasignaalia.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen piiri,
tunnettu siitä, että ainakin toinen ensimmäisestä silmukkaintegraattorista (410) ja toisesta silmukkaintegraattorista (420) toteuttavat takaisinkytkentä-
15 piirin, jolla on yksikkövahvistus.

10. Patenttivaatimuksen 7 mukainen piiri,
tunnettu siitä, että ainakin toinen ensimmäisestä silmukkaintegraattorista (410) ja toisesta silmukkaintegraattorista (420) toteuttavat takaisinkytkentäpiiri-
20 rin, jonka vahvistus on alle yhden.

11. Patenttivaatimuksen 7 mukainen piiri,
tunnettu siitä, että rekisteripankki (418) toteutetaan random access -muistilla.

25 12. Patenttivaatimuksen 6 mukainen piiri,
tunnettu siitä, että piiri käsittää edelleen kolmannen silmukkaintegraattorin, joka on kytketty sovitetun suodattimen lähtöön ja ensimmäisen silmukkaintegraattorin tuloon.

30 13. Sovitettu suodatinpiiri, tunnettu siitä, että piiri käsittää:

sovitetun suodatinpiirin tulon (602), joka vastaanottaa GPS-signaalien näytteitä;

kertojan (612), johon kuuluu ensimmäinen tulo, joka on kytketty sovitetun suodattimen tuloon, ja lähtö;
35

siirtorekisterin (802), johon kuuluu tulo, joka on kytketty kertojan lähtöön; ja

kertojan (816), joka kytketty siirtorekisterin lähtöön ja toinen tulo kertojasta on kytketty siirtorekisterin lähtöön.

5 14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen sovitettu suodatinpiiri, tunnettu siitä, että sovitettu suodatinpiiri toteuttaa sovitetun suodatustoiminteen GPS-signaalien näytteille.

10 15. Patenttivaatimuksen 13 mukainen sovitettu suodatinpiiri, tunnettu siitä, että piiri edelleen käsittää käsittää joukon sovitettuja suodattimia, jotka on kytketty viivelähtöihin datasiirtorekisterissä (802, 804), jolloin jokainen sovitettu suodatin sovitetussa suodatinjoukossa toteuttaa sovitetun suodatustoiminteen GPS-signaalien näytteille.

15 16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen sovitettu suodatinpiiri, tunnettu siitä, että datasiirtorekistereiden pituus vastaa sovitetun suodatinjoukon maksimipituutta.

20 17. Patenttivaatimuksen 15 mukainen sovitettu suodatinpiiri, tunnettu siitä, että jokainen sovitettu suodatin sovitettujen suodattimien joukossa edelleen käsittää sovitetun suodatinverkon, joka muodostaa sovitetut suodatinpainot (624), ensimmäisen painotetun kerroinjonon vastaten pseudosatunnaista
25 sekvenssiä ja toisen painotetun kerroinjonon vastaten kantotaajuussekvenssiä.

30 18. Patenttivaatimuksen 15 mukainen sovitettu suodatinpiiri, tunnettu siitä, että jokainen sovitettu suodatinpiiri sovitettujen suodatinpiirien joukossa edelleen käsittää:

ensimmäisen piirin, joka on järjestetty muuttamaan yhtä tai useampaa painotettua kerrointa ensimmäisessä painotettujen kertoimien sarjassa jaksoittain; ja

35 toisen piirin, joka on sovitettu lisäämään aika-korjauksen GPS-signaalien näytteeseen sovitetun suodatustoiminteen jälkeen.

19. Patenttivaatimuksen 15 mukainen sovitettu suodatinpiiri, tunnettu siitä, että jokainen sovitettu suodatin sovitettujen suodattimien joukossa edelleen käsittää:

- 5 ensimmäisen piirin, joka muuttaa yhden tai useamman painotetun kertoimen painotettujen kertoimien toisessa jonossa jaksoittain, ja
toisen piirin, joka on järjestetty muodostamaan kantotaajuuskorjauksen GPS-signaalien näytteille sovitettun suodatintoiminteen jälkeen.

20. Patenttivaatimuksen 15 mukainen sovitettu suodatinpiiri, tunnettu siitä, että jokainen sovitettu suodatin sovitettujen suodattimien joukossa edelleen käsittää:

- 15 kolmannen piirin, joka muuttaa yhtä tai useampaa painotettua kerrointa toisessa painotettujen kertoimien jonossa jaksoittain; ja
neljännen piirin, joka on järjestetty lisäämään kantotaajuuskorjauksen GPS-signaalien näytteeseen sovitettun suodatintoiminteen jälkeen.

PATENTKRAV

1. Metod för samlande av det globala positionsbestämningssystemets signaler, k ä n n e t e c k n a t därav, att metoden innefattar följande skeden:

5 det globala positionsbestämningssystemets signalers sampel mottas;

det globala positionsbestämningssystemets signalers sampel sänds till de anpassade filtren genom överföringsregistrets fördröjningsavgångar;

10 i vart och ett anpassat filter i mängden anpassade filter bildas en anpassad filtertyngd, en första följd betonade faktorer motsvarande den pseudostokastiska sekvensen och en andra följd betonade faktorer motsvarande bärfrekvenssekvensen.

15 2. Metod enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att överföringsregistrets längd motsvarar de anpassade filtrens maximilängd.

3. Metod enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att:

20 ett eller flera av de betonade faktorerna i första serien av betonade faktorer ändras periodvis; och

en tidskorrektions tillägg GPS-signalernas sampel efter den anpassade filterfunktionen i vart och ett av de anpassade filtren i mängden anpassade filter.

25 4. Metod enligt patentkrav 3, k ä n n e t e c k n a t därav, att metoden ytterligare innefattar följande skeden:

ett eller flera av de betonade faktorerna i andra följden av betonade faktorer ändras periodvis; och

30 en bärfrekvenskorrektions tillägg GPS-signalernas sampel efter den anpassade filterfunktionen i vart och ett av de anpassade filtren i mängden anpassade filter.

35 5. Metod enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att metoden ytterligare innefattar följande skeden:

ett eller flera av de betonade faktorerna i den andra följderna av betonade faktorer ändras periodvis; och

5 en bärfrekvenskorrektions tillägg till GPS-signalernas sampel efter den anpassade filterfunktionen i vart och ett anpassat filter i mängden anpassade filter.

6. En krets för samlande och uppföljande av det globala positionsbestämningssystemets signaler mottagna i det globala positionsbestämningssystemets mottagare, k ä n n e t e c k n a t därav, att samlings-

10 kretsen (400) innefattar:

en ingångssignalport (402) för mottagande av det globala positionsbestämningssystemets signaler;

ett anpassat filter (408), vilket är kopplat till ingångssignalporten för bildande av en filtrerad data-

15 mängd;

en första slingaintegrator (410), vilken är kopplad till det anpassade filtrets avgång, vilken första slingaintegrator har en avgång;

20 en olinjäroperator, vilken är kopplad till den första slingaintegratorns avgång, vilken olinjäroperator har en avgång;

en andra slingaintegrator (420), vilken är kopplad till olinjäroperatorns avgång;

25 och att den första slingaintegratoren (410) förenar det första filtrerade datablocket av det anpassade filtret (408), och att första datablockets början och nästa datablockets början förekommer under tidpunkter, vilka mångfalden av GPS-signalernas ramvaraktighet

30 skiljer.

7. Krets enligt patentkrav 6, k ä n n e t e c k n a t därav, att kretsen ytterligare innefattar:

en digitalisk frekvensändringskrets (406), vilken

35 är kopplad till ingångssignalporten;

en digitalisk återsamplarkrets (404), vilken är kopplad till den digitaliska frekvensändringskretsen (406), och

5 en registerbank (418), vilken är kopplad till den första slingaintegratorn (410) och andra slingaintegratorn (420).

8. Krets enligt patentkrav 7, kännetecknat därav, att den uppföljer åtminstone en av de mottagna GPS-signalernas delsignaler.

10 9. Krets enligt patentkrav 8, kännetecknat därav, att åtminstone den ena av den första slingaintegratorn (410) och den andra slingaintegratorn (420) förverkligar en återkopplingskrets, vilken har en enhetsförstärkning.

15 10. Krets enligt patentkrav 7, kännetecknat därav, att åtminstone den ena av den första slingaintegratorn (410) och den andra slingaintegratorn (420) förverkligar en återkopplingskrets, vars förstärkning är under ett.

20 11. Krets enligt patentkrav 7, kännetecknat därav, att registerbanken (418) förverkligas med random access -minne.

25 12. Krets enligt patentkrav 6, kännetecknat därav, att kretsen ytterligare innefattar en tredje slingaintegrator, vilken är kopplad till det anpassade filtrets avgång och till den första slingaintegratorns ingång.

30 13. En anpassad filterkrets, kännetecknat därav, att kretsen innefattar:
den anpassade filterkretsens ingång (602), vilken mottar GPS-signalernas sampel;

en multiplikator (612), vilken innefattar en första ingång, vilken är kopplad till det anpassade filtrets ingång, och avgång;

35 ett överföringsregister (802), vilket innefattar en ingång, vilken är kopplad till multiplikatorns utgång; och

en multiplikator (816), vilken är kopplad till överföringsregistrets utgång och en andra ingång av multiplikatorn är kopplad till överföringsregistrets utgång.

5 14. En anpassad filterkrets enligt patentkrav 13, k ä n n e t e c k n a t därav, att den anpassade filterkretsen förverkligar den anpassade filtreringsfunktionen av GPS-signalernas sampel.

10 15. En anpassad filterkrets enligt patentkrav 13, k ä n n e t e c k n a t därav, att kretsen ytterligare innefattar en mängd anpassade filter, vilka är kopplade till fördröjningsavgångarna i dataöverföringsregistret (802, 804), varvid varje anpassat filter i mängden anpassade filter förverkligar den anpassade filterfunktionen av GPS-signalernas sampel.

15 16. En anpassad filterkrets enligt patentkrav 15, k ä n n e t e c k n a t därav, att dataöverföringsregisterns längd motsvarar den anpassade filtermängdens maximilängd.

20 17. En anpassad filterkrets enligt patentkrav 15, k ä n n e t e c k n a t därav, att varje anpassat filter i mängden anpassade filter ytterligare innefattar ett anpassat filternät, vilket bildar anpassade filtertyngder (624), en första betonad faktorföljd motsvarande pseudostokastiska sekvensen och en andra betonad faktorföljd motsvarande bärfrekvenssekvensen.

25 18. En anpassad filterkrets, k ä n n e t e c k n a t därav, att varje anpassad filterkrets i mängden anpassade filterkretsar ytterligare innefattar:
30

en första krets, vilken är anordnad till att ändra en eller flera av de betonade faktorerna i första serien betonade faktorer periodvis; och

35 en andra krets, vilken är anpassad till att tillägga en tidskorrektin till GPS-signalernas sampel efter den anpassade filterfunktionen.

19. En anpassad filterkrets enligt patentkrav 15, k ä n n e t e c k n a t därav, att varje anpassat filter i mängden anpassade filter ytterligare innefattar:

- 5 en första krets, vilken ändrar en eller flera av de betonade faktorerna i den andra följderna av betonade faktorer periodvis, och
- en andra krets, vilken är anordnad till att bilda en bärfrekvenskorrektur till GPS-signalernas sampel
- 10 efter den anpassade filterfunktionen.

20. En anpassad filterkrets enligt patentkrav 15, k ä n n e t e c k n a t därav, att varje anpassat filter i mängden anpassade filter ytterligare innefattar:

- 15 en tredje krets, vilken ändrar en eller flera av de betonade faktorerna i den andra följderna av betonade faktorer periodvis; och
- en fjärde krets, vilken är anordnad till att tillägga en bärfrekvenskorrektur till GPS-signalernas
- 20 sampel efter den anpassade filterfunktionen.

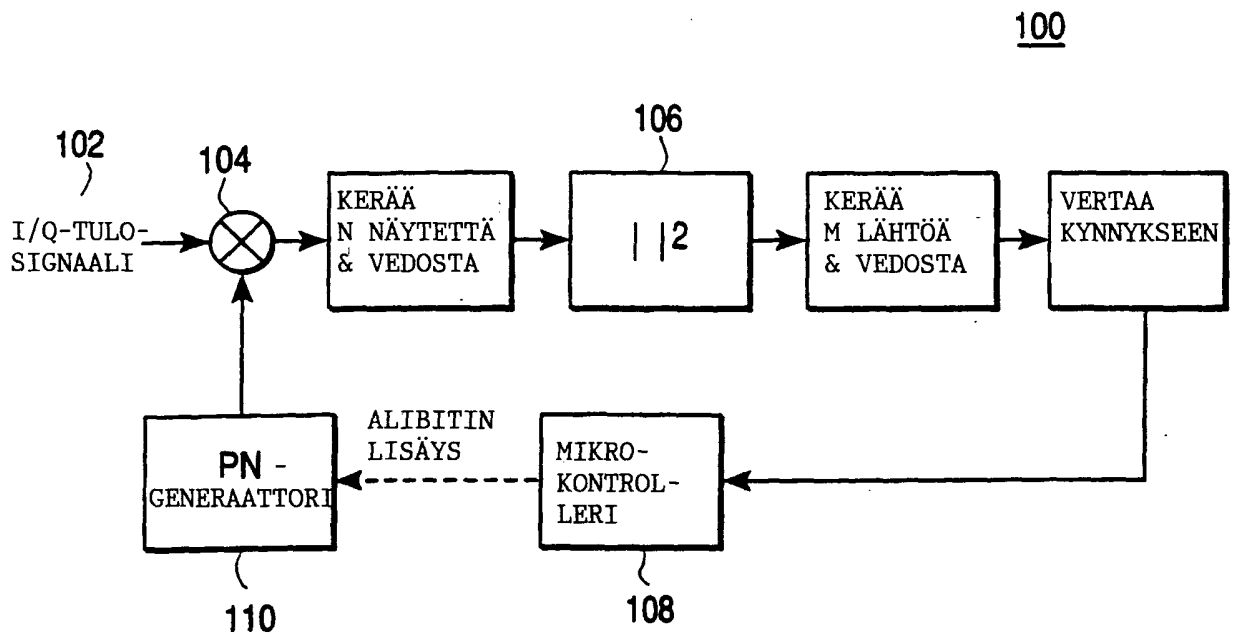


FIG. 1
(PRIOR ART)

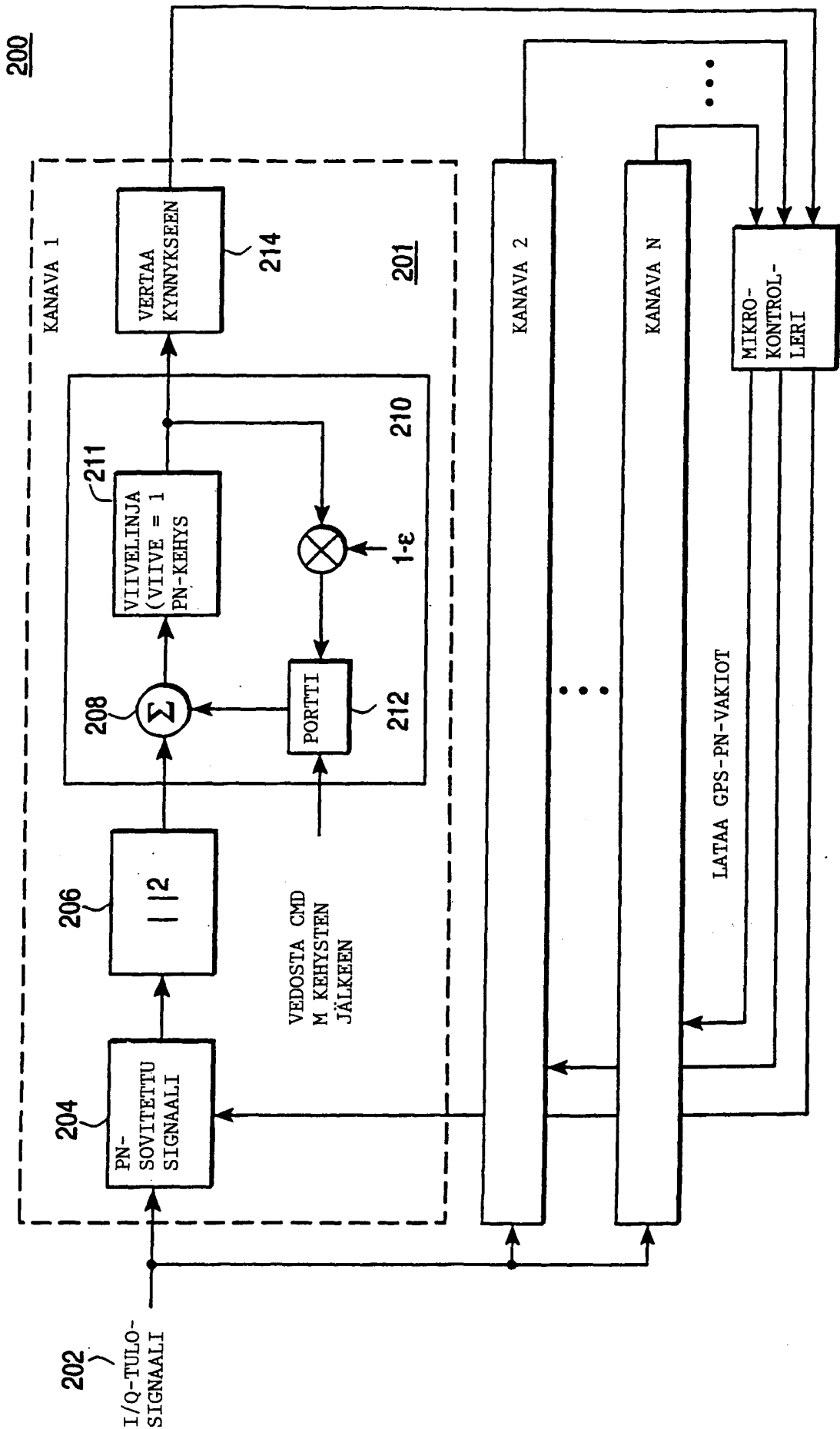


FIG. 2

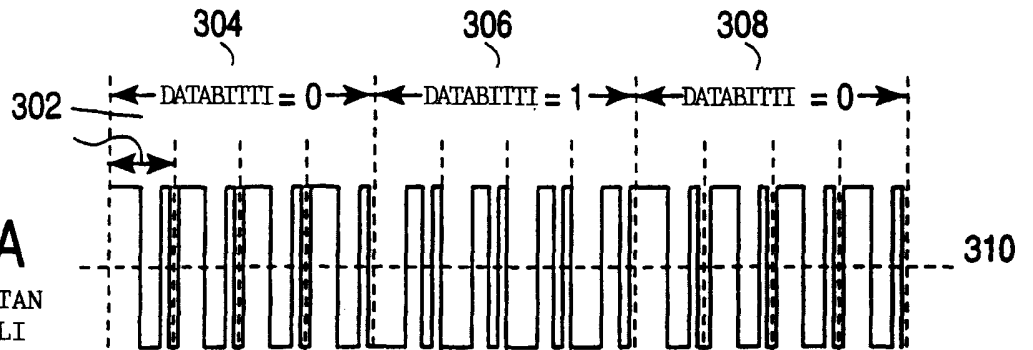


FIG. 3A
PERUSKAISTAN
PN-SIGNAALI



FIG. 3B
LÄHTÖ SOVITETUN
SUODATTIMEN
JÄLKEEN

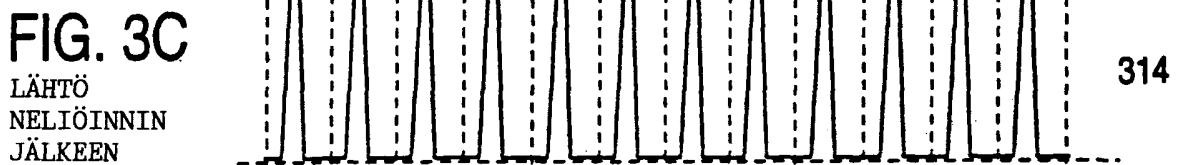


FIG. 3C
LÄHTÖ
NELIÖINNIN
JÄLKEEN

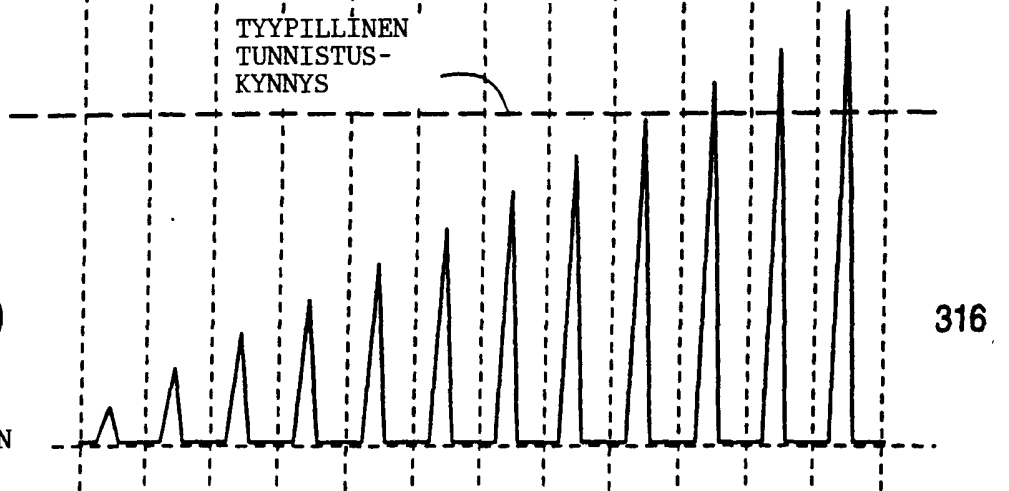
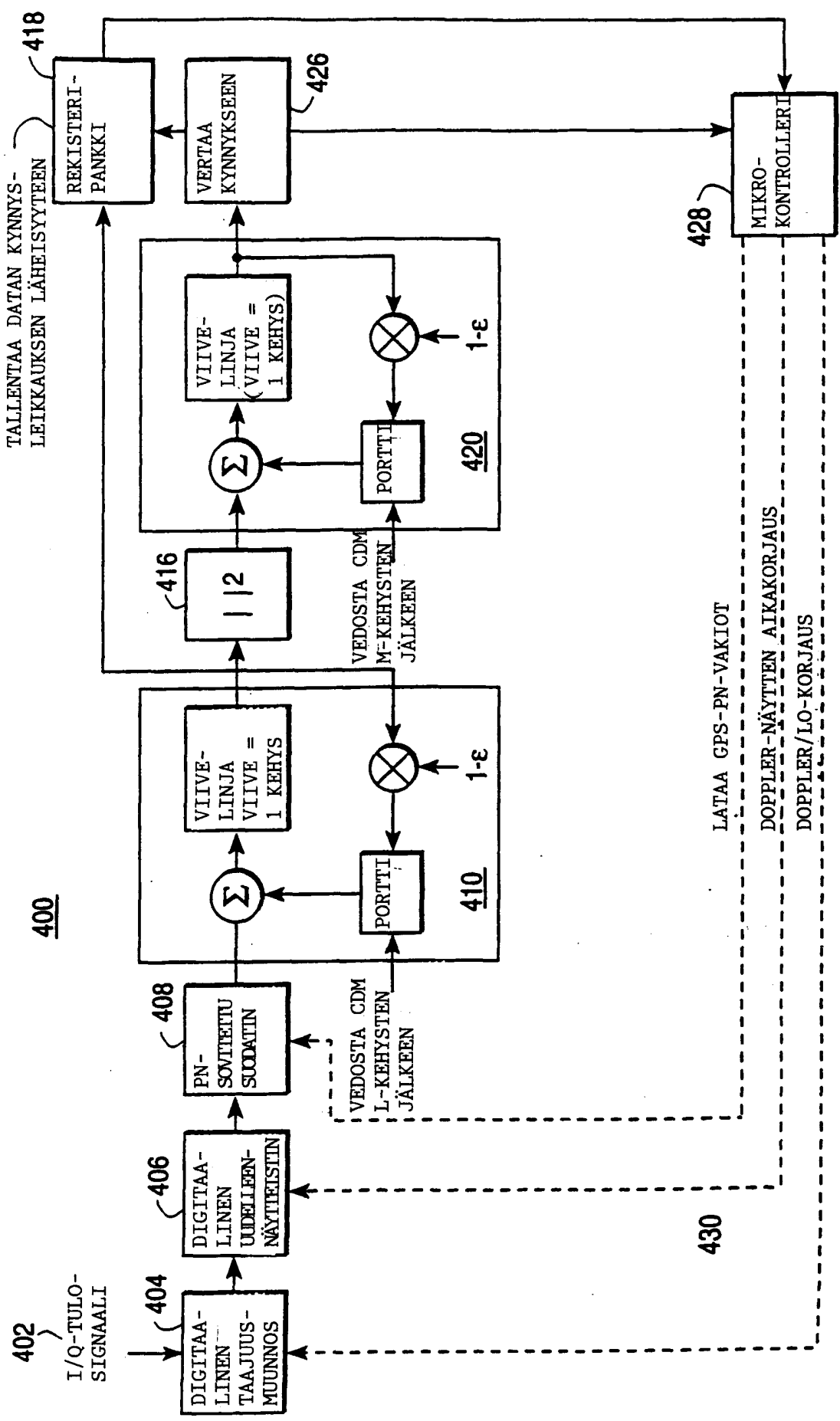


FIG. 3D
LÄHTÖ
SILMUKKA-
INTEGROINNIN
JÄLKEEN



AFC, VAIHE JA PN-SEURAUS JA DEMODULAATIO

FIG. 4

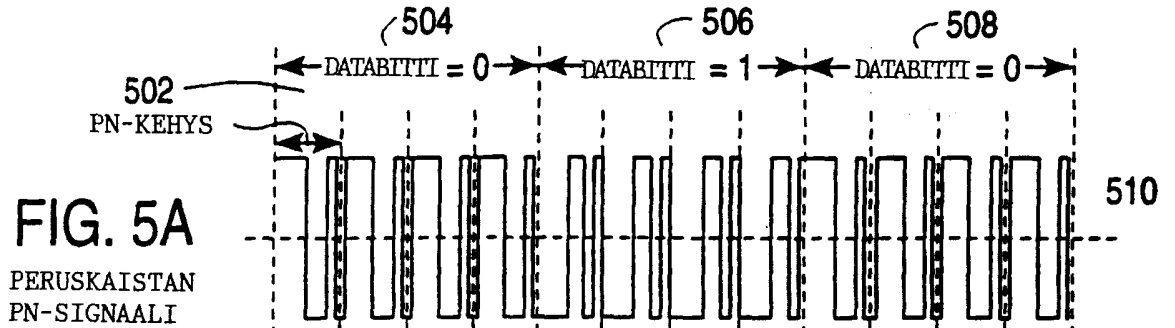


FIG. 5A
PERUSKAISTAN
PN-SIGNAALI



FIG. 5B
LÄHTÖ SOVITETUN
SUODATTIMEN
JÄLKEEN

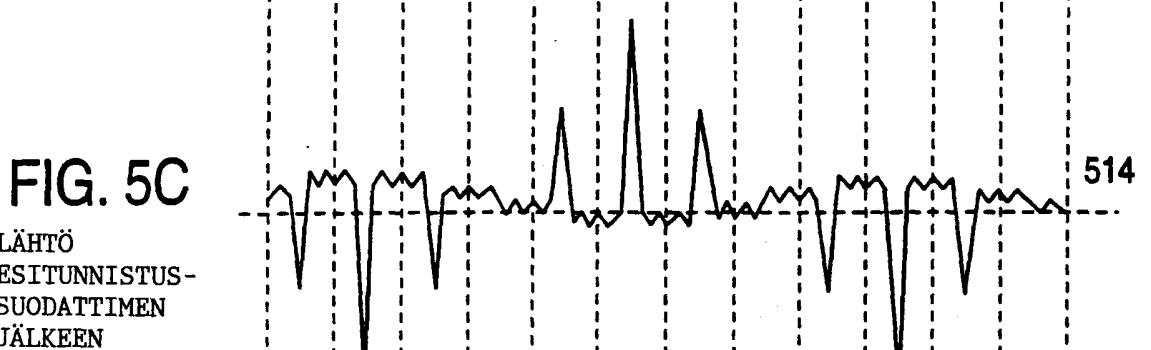


FIG. 5C
LÄHTÖ
ESITUNNISTUS-
SUODATTIMEN
JÄLKEEN

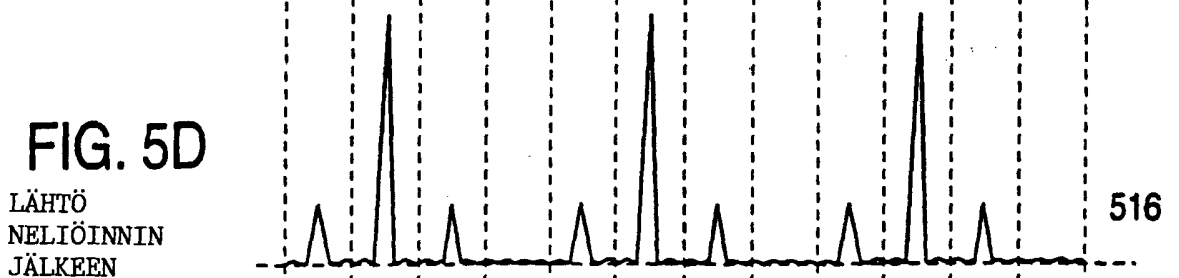


FIG. 5D
LÄHTÖ
NELIÖINNIN
JÄLKEEN

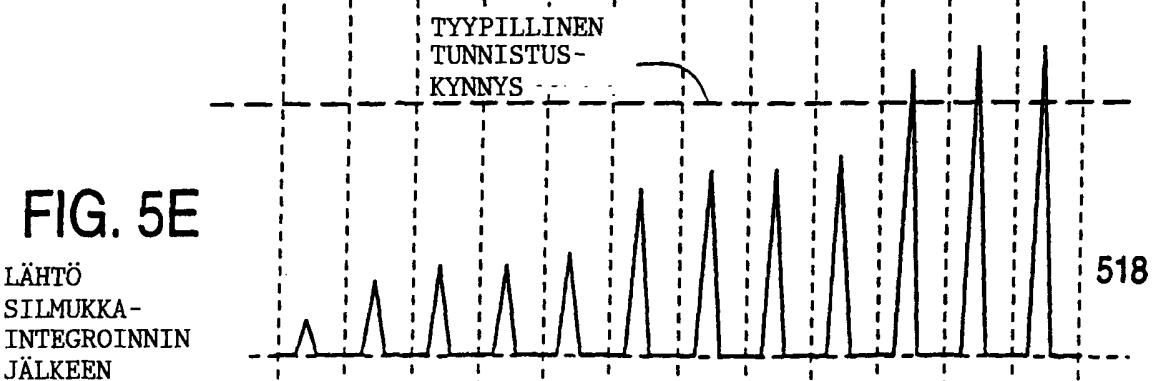


FIG. 5E
LÄHTÖ
SILMUKKA-
INTEGROINNIN
JÄLKEEN

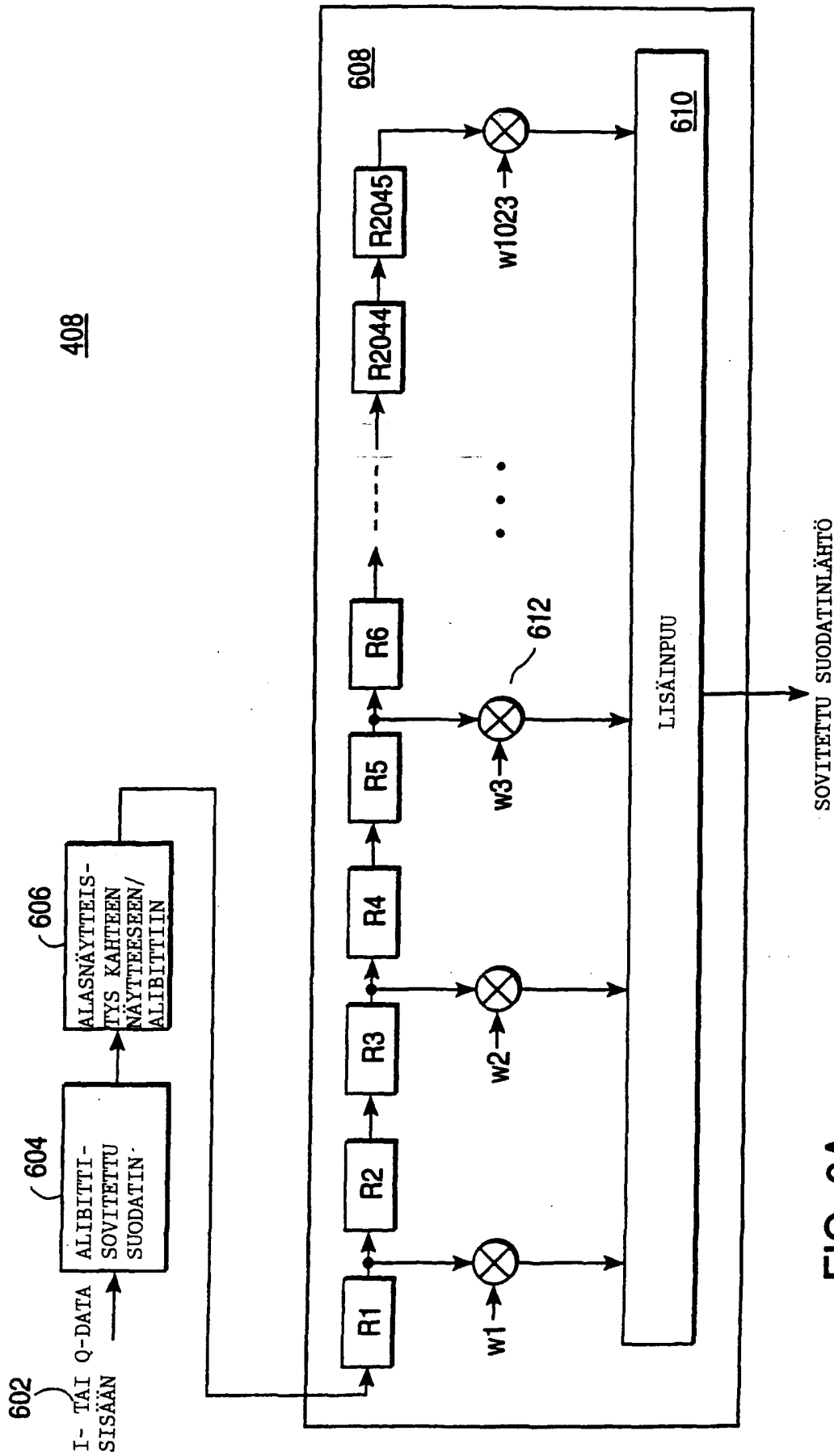


FIG. 6A

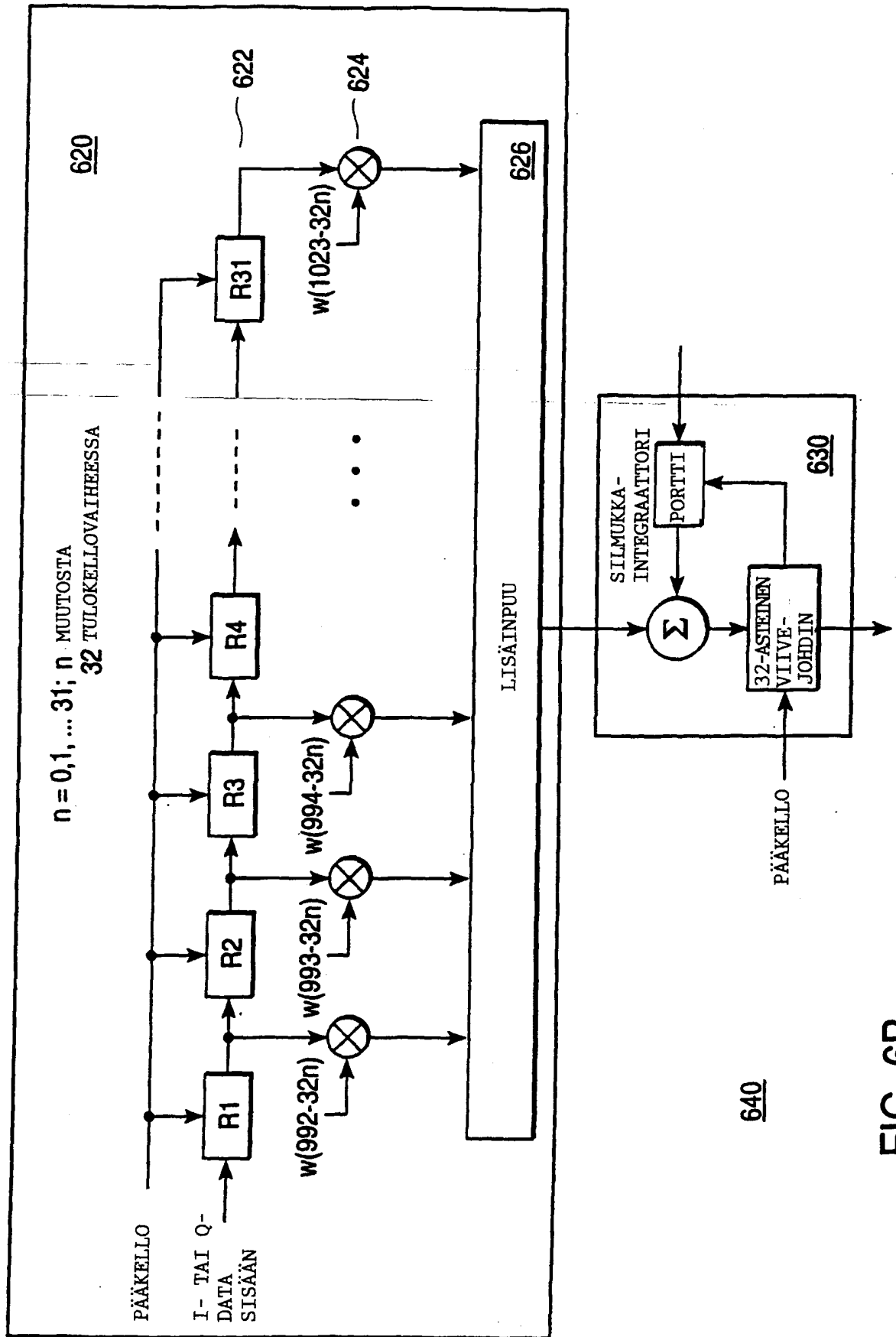


FIG. 6B

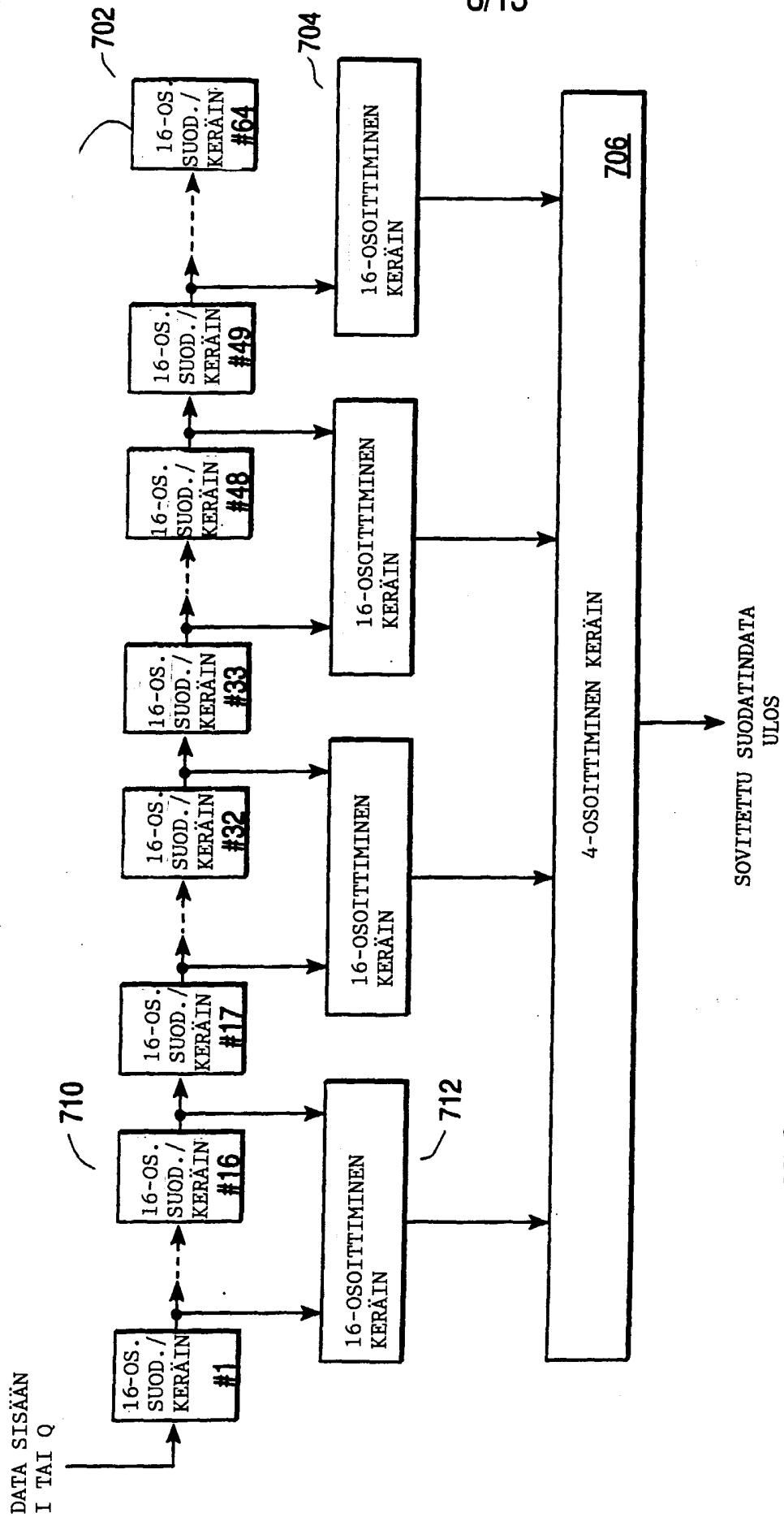


FIG. 7

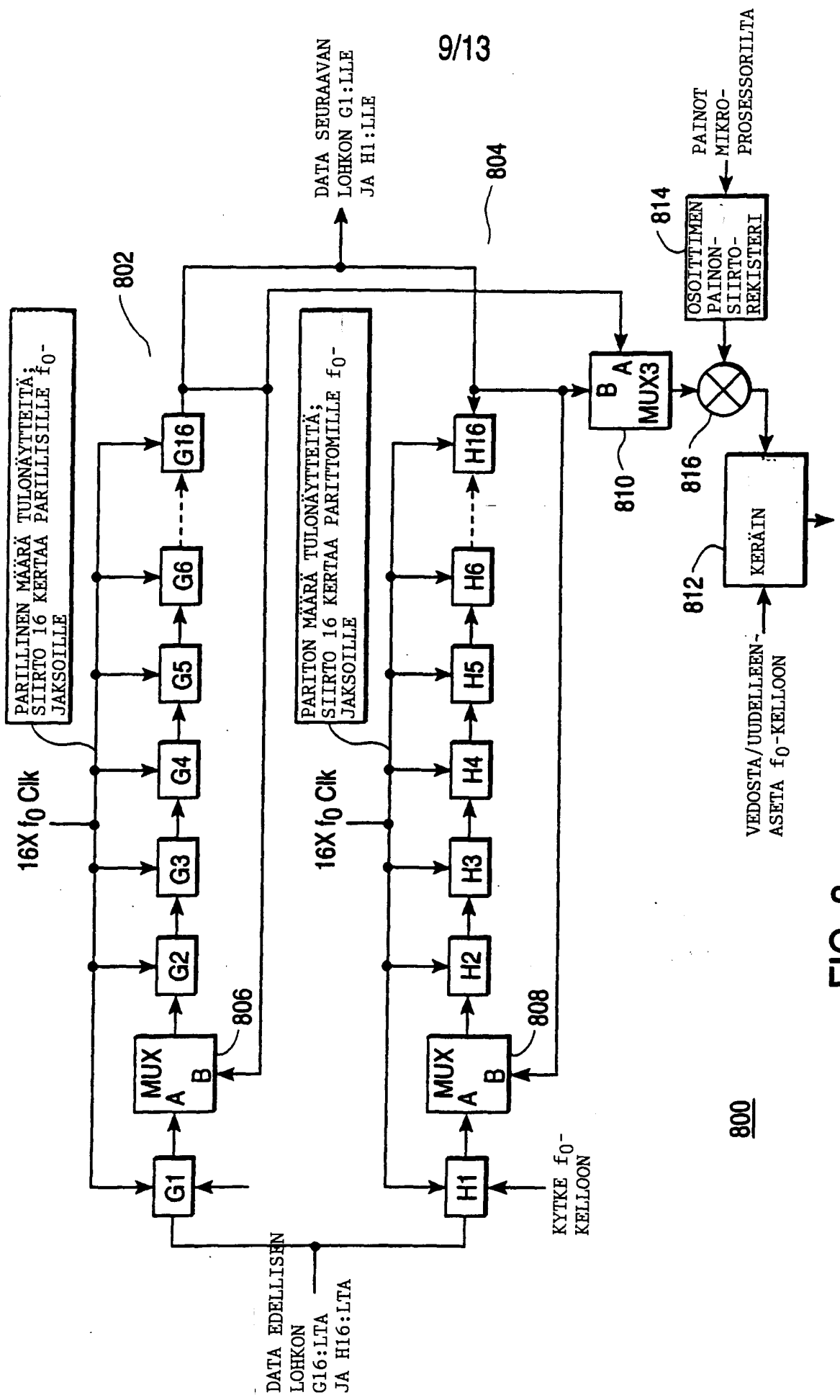


FIG. 8

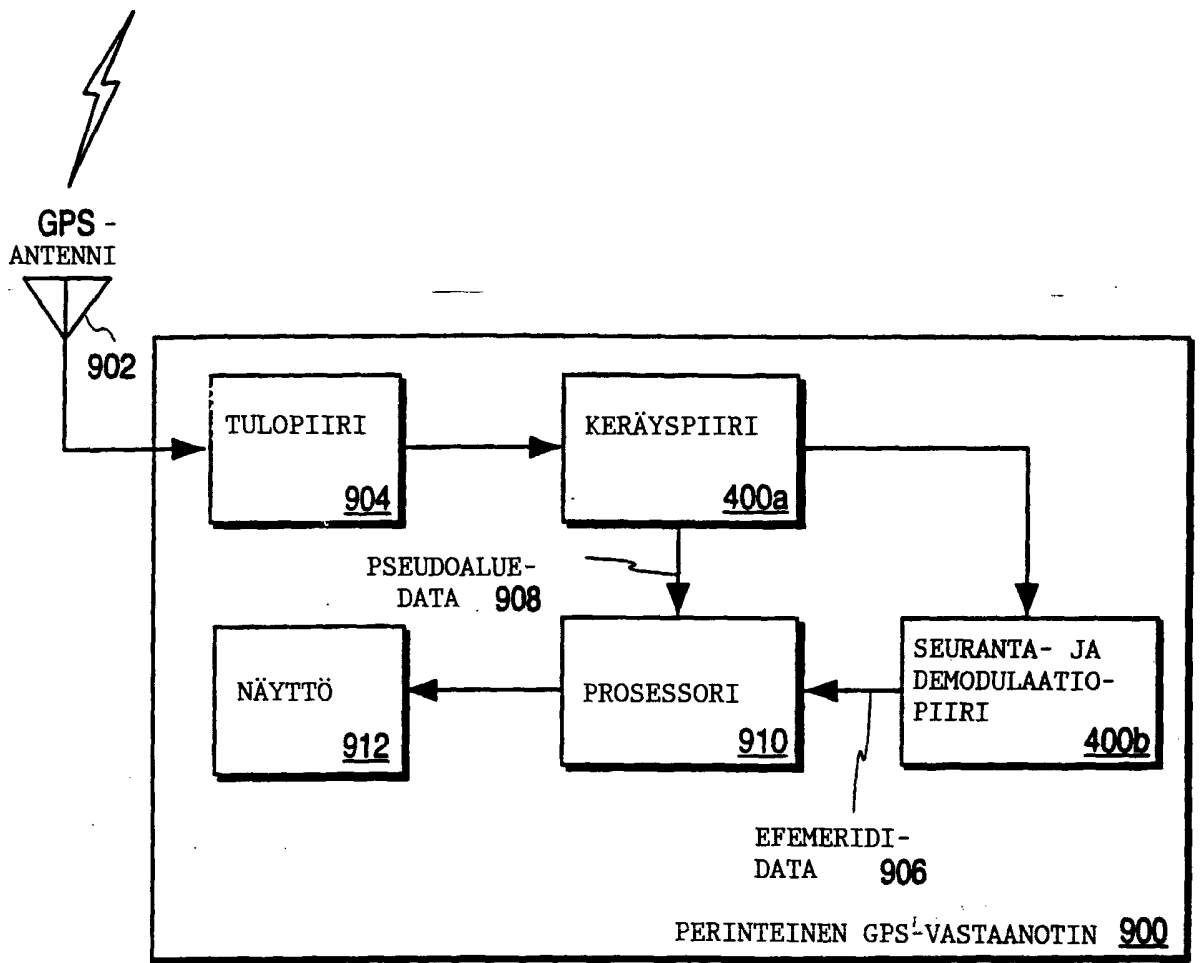


FIG. 9

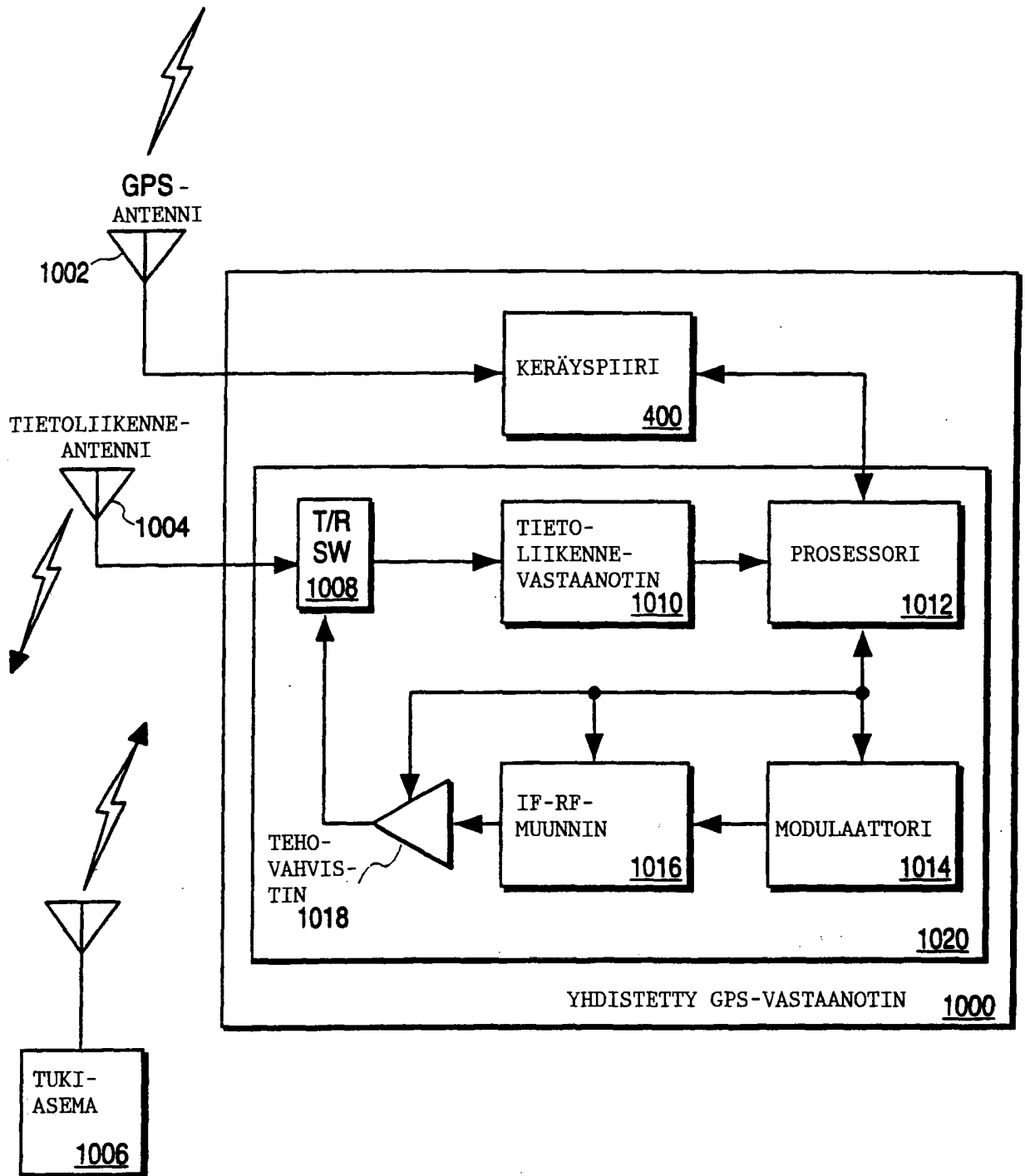


FIG. 10

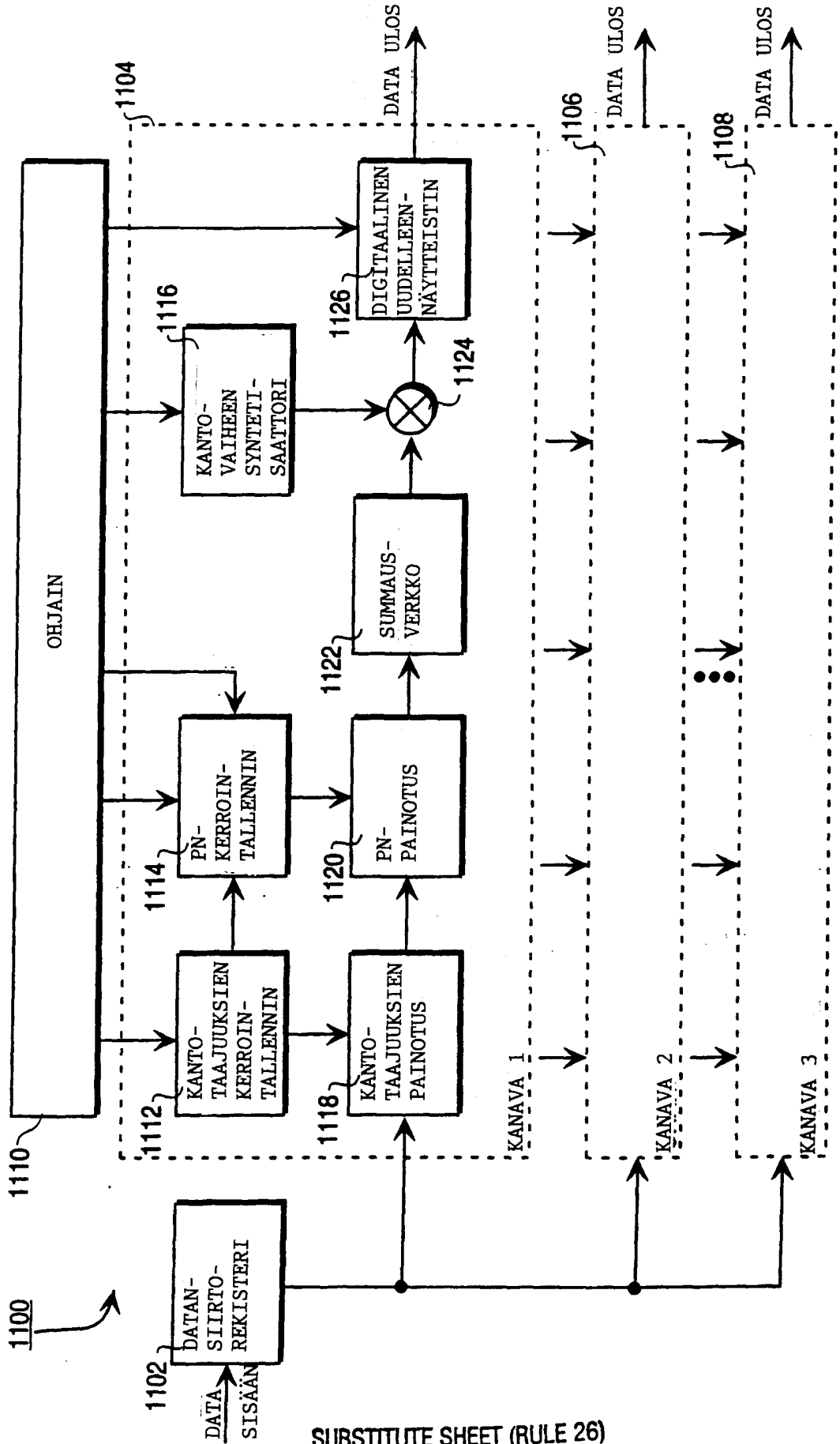


FIG. 11

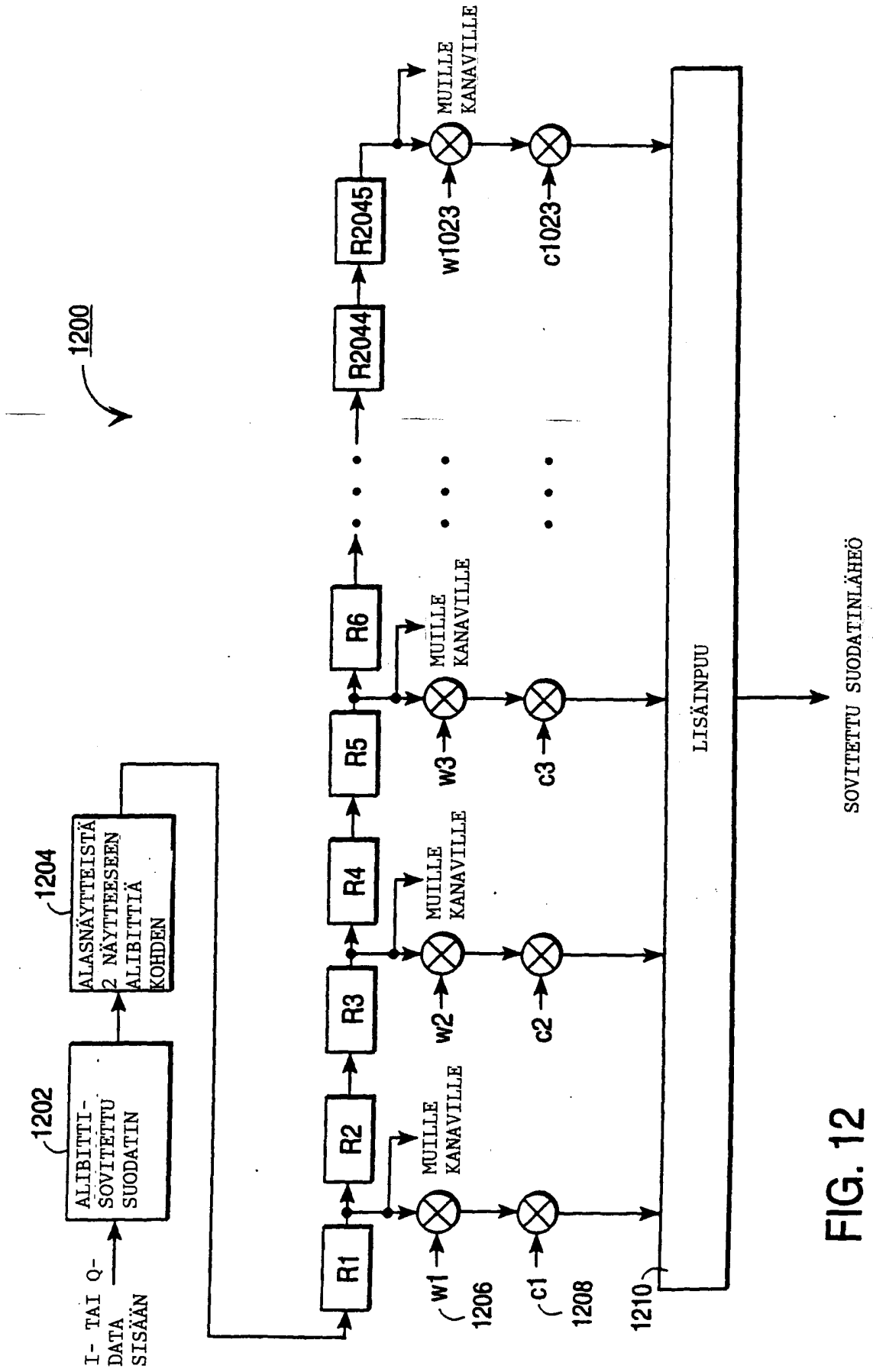


FIG. 12