



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) **PATENTTIJULKAISU**
PATENTSKRIFT

(10) **FI 107971 B**

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

31.10.2001

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

H04L 7/02

(21) Patentihakemus - Patentansökning

19992591

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

02.12.1999

(24) Alkupäivä - Löpdag

02.12.1999

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

03.06.2001

(73) Haltija - Innehavare

1 •Tellabs Oy, , Sinikalliontie 7, 02630 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Väänänen, Janne, , Lansankallionkuja 2 A 4, 02630 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab
Jaakonkatu 3 A, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

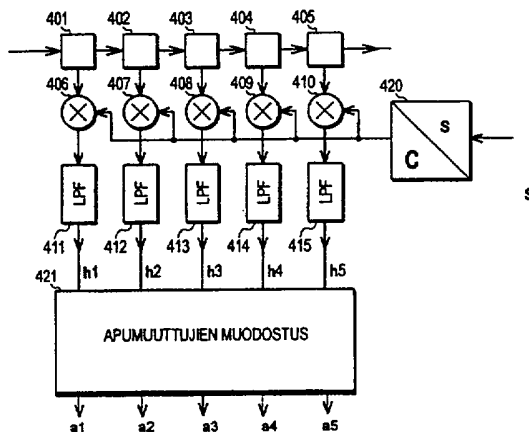
Menetelmä ja järjestely vastaanottimen synkronoimiseksi kvadratuuri-amplitudimoduloituun signaaliin
Metod och arrangemang för att synkronisera en mottagare till en kvadratur-amplitudmodulerad signal

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US A 5787128 (H03D 1/00), US A 5245611 (H03J 3/06), WO A 99/23780 (H04L 7/02)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on menetelmä ja järjestely vastaanottimen synkronoimiseksi kvadratuuri-amplitudimoduloituun (QAM) signaaliin. Vastaanottimessa on ensimmäinen säädettävä yksikkö (601) järjestettynä vastaamaan ajoituksen ohjaussignaaliin säätämällä ajoitusta, jolla vastaanotettu signaali muunnetaan demoduloituiksi kompleksinäytteiksi. Lisäksi vastaanottimessa on merkinilmaisain (603) järjestettynä muodostamaan kompleksinäytteiden mukaisesti ilmaisupäätöksen (s), joka edustaa vastaanotettua symbolia. Siinä on välineet (401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 602) yhden tai usean kompleksimuodossa olevan kantataajuusekvivalentin impulssivastearvon muodostamiseksi QAM-kanavalle korrelaation tuloksena korreloimalla demoduloituja kompleksinäytteitä ilmaisupäätöksestä (s) johdetun kompleksisen korrelaatiomuuttujan (C) kanssa. Herkkyys muutoksille, jotka johtuvat kantataajuusekvivalentin impulssivastetta kiertävistä kaapeleista ja lähettimen modulaattorin javastaanottimen demodulaattorin tuntemattomasta vaihe-erosta, poistetaan korrelaatiotulosten jälkikäsitelyllä. Ajoituksen ohjaussignaali johdetaan jälkikäsitelystä korrelaatiotuloksista.



Uppfinningen avser ett förfarande och ett arrangemang för synkronisering av en mottagare till en kvadratur-amplitudmodulerad signal. Mottagaren omfattar en första reglerbar enhet (601) som har anordnats att svara på en tajmningsstyrsignal genom att reglera tajmningen med vilken en mottagen signal omvandlas till demodulerade komplexa prover. Dessutom uppvisar mottagaren en symboldetektor (603) som har anordnats att bilda i enlighet med de demodulerade komplexa proven ett detektionsbeslut (s) som representerar en mottagen symbol. Det uppvisar organ (401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 602) för att generera ett eller flera komplexa basbandsekvivalenta impulsresponsvärden för en QAM-kanal som ett korrelationsresultat genom att korrelera de demodulerade komplexa proverna med en från detektionsbeslutet (s) härledd komplex korrelationsvariabel (C). Känsligheten för förändringar som förorsakas av kablar som roterar den basbandsekvivalenta impulsresponsen och som förorsakas av den okända fasskillnaden mellan sändarens modulator och mottagarens demodulator avlägsnas genom lämplig efterbehandling av korrelationsresultaten. Tajmningsstyrsignal härleds från de efterbehandlade korrelationsresultaten.

Menetelmä ja järjestely vastaanottimen synkronoimiseksi kvadratuuri-amplitudimoduloituun signaaliin - Metod och arrangemang för att synkronisera en mottagare till en kvadratur-amplitudmodulerad signal

- 5 Keksintö liittyy yleisesti tekniikkaan vastaanottimen synkronoimiseksi tulosignaaliin. Erityisesti keksintö liittyy tekniikkaan, jolla muodostetaan ohjaussignaali vastaanottoasteelle, joka muuntaa tulosignaalin synkronoitujen näytteiden virraksi kvadratuuri-amplitudimoduloitujen signaalien (QAM-signaalien) vastaanottimessa.

10 Kun digitaalinen signaali lähetetään analogisessa muodossa tietyn matkan päähän, vastaanottolaitteen on synkronoiduttava lähetyslaitteen toimintaan, jotta se voisi palauttaa digitaalisen signaalin alkuperäisen muodon oikein. Vastaanottolaitteessa on käytettävä järjestelyä, joka on riittävän tarkka havaitsemaan vastaanotetusta analogisesta signaalista peräkkäisten symbolien ajoituksen.

15 Kuvassa 1 esitetään tunnettu periaate analogisen tulosignaalin muuntamiseksi sarjaksi digitaalisia näytteitä käyttämällä kontrolloitua ajoitusta vastaanottojärjestelmässä 101. Tässä tapauksessa näytteenottolohko 102, jonka ajoitusta voidaan kontrolloida, ottaa suoraan näytteen analogisesta signaalista. Jatkuva analoginen signaali muunnetaan sarjaksi peräkkäisiä analogisia näytteitä. A/D-muunninlohko 103 muuntaa kunkin näytteen vastaavaksi digitaalseksi arvoksi 105. Näytteenottolohkon 102 käyttämä näytteenottoajoitus riippuu ajoituksen ohjaussignaalin 104 arvosta.

20 Kuvassa 2 esitetään toinen tunnettu periaate digitaalisten näytteiden ajoitusohjatun sarjan muodostamiseksi vastaanottojärjestelyssä 201. Tämän periaatteen mukaan näytteenoton ajoitusta ei kontrolloida, ja kontrolloituja ajoitushetkiä vastaavat digitaaliset arvot saadaan aikaan digitaalisen signaalinkäsittelyn avulla. A/D-lohko 203 muuntaa näytteenottolohkon 202 lähtösignaalit vastaaviksi digitaaliarvoiksi 206 ja kontrolloitava digitaalinen suodin 204 muodostaa lopulliset digitaaliset arvot 207. Kontrolloitavan digitaalisen suotimen 204 lähtöarvot 207 muodostetaan interpolomalla digitaalisesti tuloarvot 206 niin, että lähtöarvot vastaavat ajoituksen ohjaussignaalin 205 määrittämiä ajoitushetkiä.

25 Vastaanottimen synkronoiminen merkitsee sitä, että ajoituksen ohjaussignaali 104 tai 205 luodaan sellaisella tavalla, että vastaanottimen toiminta on synkroninen lähettimen toiminnan kanssa. Menetelmä, jolla ajoituksen ohjaussignaaleita käytetään

edelleen muunnettaessa analoginen tulosignaali sarjaksi digitaalisia arvoja kontrolloidun ajoituksen avulla, on epäolennainen tämän keksinnön kannalta.

5 Tapa, jolla ajoituksen ohjaussignaali luodaan vastaanottimessa, riippuu useista tekijöistä, joita ovat muun muassa vastaanotetun signaalin symbolitaajuus ja lähettimen analogisen signaalin muodostamisessa käyttämä modulointimenetelmä. Tämän keksinnön kohteena ovat pääasiassa QAM-signaalit, joiden bittitaajuuksien suuruusluokka vaihtelee megabiteistä kymmeniin megabiteihin sekunnissa.

10 QAM sinänsä tunnetaan modulointimenetelmänä, jossa komponenteissa, joissa kaksi kantaaltoa erotetaan toisistaan 90 asteen vaihe-erolla, käytetään jotain amplitudimoduloinnin muotoa. Perinteisissä QAM-vastaanottimissa käytetään ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseen pääasiassa niin kutsuttua NSLM (Nonlinear Spectral Line Method) -menetelmää, joka on kuvattu esimerkiksi E.A. Leen ja D.G. Messerschmittin julkaisussa Digital Communication (Kluwer Academic Publishers, 1994). Kuitenkin esimerkiksi nykyaikaisten kaapelimodeemiyhteyksien bittitaajudet ja kaistaleveydet ovat niin suuria, että lähetyiskanavan aiheuttama amplitudiväristymä vaikeuttaa suuresti NSLM-menetelmän käyttämistä tehokkaassa QAM-synkronoinnissa. Käytettäessä usean megahertsin kaistaleveyksiä ja käytännön sovelluksissa tavallisia kuparikaapelipituuksia lähetykskaistan yläreunan vaimeneminen saattaa olla noin 20 - 35 desibeliä suurempi kaistan alimpiin taajuuksiin verrattuna.

20 Edellä mainitussa julkaisussa kuvataan myös muita tunnettuja synkronointimenetelmiä. Sellaisissa kaapelitiedonsiirtojärjestelmissä, joissa lähetyksen tapahtuu kantataajuudella, on tavallista käyttää niin kutsuttuja korrelointisynkronointimenetelmiä jotka perustuvat lähetyiskanavan impulssivasteen pääasiallisen aaltomuodon tuntemiseen. Tässä yhteydessä lähetyksen kanava on käsitettävä laajassa merkityksessä niin, että se kattaa varsinaisen kaapelin lisäksi myös suotimet, linjamuuntajat sekä lähettimen ja vastaanottimen muut komponentit, joiden kautta signaali kulkee ennen saapumistaan vastaanottimen kohtaan, jossa impulssivasteen arvot määritetään.

30 Kuvassa 3a esitetään tunnettu järjestelmä PAM (Pulse Amplitude Modulation) -moduloidussa kantataajuuslähetyksessä, esimerkiksi 2B1Q-koodatussa (kaksi bittiä yhdessä neliosaisessa rivikoodissa) lähetyksessä, käytetyn kanavan viiden impulssivastearvon määrittämiseksi. Peräkkäisten näytteiden sarja syötetään viivelinjaan, jossa kukin viidestä viive-elementistä 301 - 305 säilyttää yhden näytteen kerrallaan. Signaalinilmaisoin (ei kuvassa) tekee ilmaisupäätöksen, jonka tuloksena saadaan aikaan tietty reaalityttö. Tämä reaalityttö syötetään rinnakkaisiin kertolaskupiireihin

306 - 310, minkä jälkeen kertolaskutulokset alipäästösuodatetaan rinnakkaisissa alipäästösuoitimissa 311 - 315. Suodatettuja lähtöjä kutsutaan tässä nimillä h1 - h5. Kuvassa 3b esitetään arvot koordinaattijärjestelmän esimerkkitalanteessa, jossa vaakakseli edustaa aikaa, pystyakseli edustaa suodatustulosten suuruutta ja yksiköt on valittu mielivaltaisesti.

Ajoituksen ohjaussignaalin muoto on pohjimmiltaan arvojen h1 - h5 muunnettu lineaarinen yhdistelmä. Eräs yksinkertainen mahdollisuus on johtaa h1:n ja h3:n välinen ero PI-ohjaimen kautta ja käyttää ohjaimen lähtösignaalia ajoituksen ohjaussignaalinä. Toteutus käytännössä saattaa olla hieman yksinkertaisempi kuin kuvan 3a kaaviossa: ero voidaan laskea suoraan viivelinjan elementeistä niin, että tarvitaan vain yksi kertolaskupiiri ja yksi alipäästösuoitin. Viivelinjalla voi olla useita tehtäviä. Se voi esimerkiksi olla samanaikaisesti osa vastaanottimen mahdollista esiekvalisaattoria.

Tunnetut korrelaationsynkronointimenetelmät sopivat hyvin CAP (Carrierless Amplitude Phase) -modulointiin, mutta niitä ei voida käyttää QAM-pohjaisissa lähetyksissä, koska QAM-lähetyiskanavan impulssivasteen pääasiallista aaltomuotoa ei tunneta. Tässä yhteydessä on otettava huomioon, että lähettimen ylösmuunto/modulointipiirikentää pidetään lähetyiskanavan osana. Jos vastaanottimen impulssivasteen arviointikohdaksi valitaan ennen alasmuunnin/demodulaattoriipiirikentää sijaitseva kohta (päästökaistatapaus), kanavan impulssivasteen aaltomuodon epämääräisyys johtuu siitä, että aaltomuoto riippuu ylösmuunnossa/moduloinnissa käytettyjen sini- ja kosinifunktioiden vaiheen hetkellisestä arvosta silloin, kun impulssi laukaistaan kanavaan. Korrelaationsynkronoinnissa symboleihin suhtaudutaan "impulsseina", jotka laukaistaan kanavaan lähettimessä. Vastaanottimessa impulssivaste mitataan havaittujen symbolien avulla. QAM-moduloidussa järjestelmässä ylösmuunnossa/moduloinnissa käytettyjen sini- ja kosinifunktioiden vaihe eivät välttämättä pysy samana suhteessa peräkkäisiin symboleihin. Peräkkäisten symbolien vaihe pysyy samana vain silloin, kun modulointitaajuus on symbolitaajuuden kokonaislukukerrannainen. Tässä tapauksessa vastaanottimen on mahdotonta erottaa, onko tuleva signaali QAM- vai CAP-moduloitu.

Tämän keksinnön tavoite on esittää menetelmä ja järjestely vastaanottimen synkronoimiseksi QAM-moduloidun signaalin mukaan ilman edeltävässä kuvauksessa selitetyjä tekniikan tason ongelmia.

Keksinnön tavoitteet saavutetaan määrittämällä kantataajuusekvivalentin kanavan impulssivasteen (tai jopa ainoastaan impulssivasteen osan) reaali- ja imaginaariosat,

poistamalla reaali- ja imaginaariosien aaltomuotojen epämääräisyyden vaikutus ja käyttämällä saatuja pulssi-arvoja ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseen.

Jäljempänä tekstissä signaalin reaali- ja imaginaariosia edustavaa näyteparia kutsutaan kompleksinäytteeksi. Tämä keksintö mahdollistaa korrelaatiiosynkronoinnin periaatteen käyttämisen ja sen etujen hyödyntämisen QAM-moduloiduissa järjestelmissä. Parannus teknisen tason ratkaisuihin perustuu siihen, että aaltomuotojen epämääräisyys johtuu kompleksimpulssivaste-
 5 arvojen tuntemattomasta kiertymisestä kompleksitasossa. Käyttämällä hyväksi tietoa kantataajuusekvivalentin impulssivasteen sekä reaali- ja imaginaariosasta on mahdollista konstruoida pulssi, jonka aalto-
 10 muoto on riittävän hyvin määritelty.

Keksinnön mukainen menetelmä on tunnettu siitä, että

- muodostetaan yksi tai useita korrelaatiotuloksia, joissa on reaali- ja imaginaariosa, korreloimalla yhtä tai useita demoduloituja kompleksinäytteitä ilmaisupäätöksestä johdetun kompleksikorrelaatiomuuttujan kanssa,
- 15 - käytetään samanaikaisesti mainitun korrelaatiotuloksen reaali- ja imaginaariosia yhden tai useiden apumuuttujien muodostamiseen, jotka lisämuuttujat ovat epäherkkiä muutoksille, jotka johtuvat kantataajuusekvivalentin taajuusvasteen kiertymisestä kaapeleissa tai lähettimen modulaattorin ja vastaanottimen demodulaattorin välisestä vaihe-erosta,
- 20 - mainituista apumuuttujista muodostetaan ajoituksen ohjaussignaali.

Keksinnön kohteena on myös synkronointijärjestely, joka on tunnettu siitä, että siinä on

- välineet yhden tai usean kompleksimuodossa olevan kantataajuusekvivalentin impulssivaste-
 arvон tuottamiseksi QAM-kanavalle korrelaation tuloksena korreloimalla
 25 yhtä tai useaa demoduloitua kompleksinäytettä ilmaisupäätöksestä johdetun korrelaatiomuuttujan kanssa,
- välineet ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseksi niin, että mainittujen kompleksisten kantataajuusekvivalenttien impulssivaste-
 arvojen sekä reaali- että imaginaariosien tietoa käytetään hyväksi.

Lisäksi keksinnön kohteena on vastaanotin, joka on tunnettu siitä, että siinä on

- välineet kompleksikorrelaatiomuuttujan johtamiseksi ilmaisupäätöksestä,
- välineet yhden tai usean kompleksimuodossa olevan kantataajuusekvivalentin impulssivaste-
 arvon muodostamiseksi QAM-kanavalle korrelaation tuloksena korreloimalla
 35 yhtä tai useaa demoduloitua kompleksinäytettä mainitun korrelaatiomuuttujan kanssa,

- välineet ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseksi niin, että mainittujen kompleksisten kantataajuusekvivalenttien impulssivastearvojen sekä reaali- että imaginaariosaa käytetään hyväksi ja että mainitut välineet on kytketty siten, että ne tuovat ajoituksen ohjaussignaalin säädettävään demodulointi- ja näytteenottoyksikköön.

- 5 Tekniikan tason kuvauksessa osoitetaan, että aaltomuotojen epämääräisyyteen liittyvien ongelmien takia korrelaationsynkronoinnin perusperiaate ei sovellu QAM-pohjaisiin yhteyksiin. Keksintö esittää tavan ratkaista ongelma mukautetulla synkronointimenetelmällä ja järjestelmällä, joka soveltuu hyvin QAM-moduloiduille signaaleille myös laajoja lähetyskaistoja käytettäessä.
- 10 Seuraavassa impulssivasteen arvioimiskohta siirretään vastaanottimessa alasmuunnon/demoduloinnin jälkeen sijaitseviin kantataajuusasteisiin. Tällöin tarkastellaan itse asiassa ekvivalenttista kantataajuuskanavaa, joka on kompleksiarvoinen eli jolla on reaali- ja imaginaariosat. Ekvivalenttinen kantataajuuskanava sinänsä on QAM- ja CAP-moduloitujen systeemien analysoinnissa ja simuloinnissa yleisesti käytetty
- 15 käsite (kuvattu esimerkiksi E.A. Leen ja D.G. Messerschmittin julkaisussa *Digital Communication*, Kluwer Academic Publishers, 1994). Siirtyminen käyttämään kantataajuutta poistaa ongelman, joka johtuu moduloinnin kantoaaltovaiheen epämääräisyydestä peräkkäisten symbolien suhteen, mutta tämä yksin ei ratkaise kokonaan lähetyskanavan, joka nyt sisältää myös demodulaattorin, impulssivasteen epämääräisyyden aiheuttamaa ongelmaa. Yksi syytä tähän on tuntematon vaihe-ero lähettimen moduloitinkantoaaltojen ja vastaanottimen demoduloitinkantoaaltojen välillä.
- 20 Toinen syy on lähetyskaapelista johtuva vaiheen kiertyminen. Vaiheen kiertymisen määrä riippuu kaapelin siirtofunktiosta lähetysten taajuuskaistalla. Vastaanottimessa on mahdotonta erottaa kaapelista johtuvaa vaiheen kääntymistä ja varsinaista vaihe-eroa lähettimen ja vastaanottimen välillä. Mainittujen syiden vuoksi QAM-moduloiduissa järjestelmissä kantataajuusekvivalenttikanavan impulssivasteen reaali- ja imaginaariosien perusaaltomuodot ovat pohjimmiltaan epämääräisiä.
- 25 Kompleksikorrelaation suorittamisen ensimmäinen vaihe on kertoa demoduloitua signaalia edustavat tallennetut peräkkäiset kompleksinäytteet kompleksikorrelaatiomuuttujalla, joka liittyy symbolin havaittuun kompleksiarvoon, mutta ei ole sama kuin tämä arvo. Kertolaskun alipäästösuodatettu tulos on kantataajuusekvivalenttikanavan kompleksi-impulssivastearvo tai useita arvoja. Kaapelin siirtofunktion ominaisuuksista signaalikaistalla sekä lähettimen modulaattorin ja vastaanottimen demodulaattorin vaihe-eron tuntemattomuudesta johtuen impulssivastearvojen reaali- ja imaginaariosat ovat liian epämääräisiä, jotta niitä yksin voitaisiin käyttää ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseen. Näin ollen toisessa vaiheessa käytetään
- 30
- 35

hyväksi tietoa kantataajuusekvivalenttia impulssivastetta edustavien kompleksiarvojen reaali- ja imaginaariosista ja muodostetaan apumuuttuja tai -muuttujia, jotka ovat riittävän täsmällisiä.

Apumuuttujat voidaan muodostaa helposti seuraavalla tavalla:

$$5 \quad \text{apumuuttuja} = (\text{impulssivasteen reaali-osa})^2 + (\text{impulssivasteen kompleksiosa})^2.$$

Apumuuttuja (reaali- tai kompleksiluku) voidaan muodostaa myös monella muulla tavalla, mutta kaikille tämän keksinnön mukaisille apumuuttujan muodostamismenetelmille on yhteistä se, että apumuuttujan muodostamiseen käytetään kantataajuusekvivalentin impulssivastearvojen sekä reaali- että imaginaariosia.

- 10 Saatuja apumuuttujia voidaan käyttää ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseen aivan samoin kuin aikaisemmin tunnetuissa korrelaationsynkronointimenetelmissä.

Uudet ominaisuudet, joita pidetään keksinnölle tunnusomaisina, käsitellään jäljempänä patenttivaatimuksissa. Kuitenkin keksintö sinänsä, sen rakenne ja sen käyttömenetelmä, yhdessä sen lisäkohteiden ja etujen kanssa, on helpointa ymmärtää lu-

- 15 kemalla seuraava kuvaus tietyistä suoritusmuodoista yhdessä oheisten piirrosten kanssa.

Kuvassa 1 esitetään tunnettu järjestely, jossa analoginen signaali muunnetaan digitaalisiksi näytteiksi kontrolloitua ajoitusta käyttämällä,

- 20 kuvassa 2 esitetään toinen tunnettu järjestely, jossa analoginen signaali muunnetaan digitaalisiksi näytteiksi kontrolloitua ajoitusta käyttämällä,

kuvassa 3a esitetään tunnettu järjestely impulssivastearvojen muodostamiseksi kantataajuuskanavaa varten,

kuvassa 3b esitetään kuvan 3a järjestelyllä saatuja esimerkkiarvoja,

- 25 kuvassa 4 esitetään järjestelyä QAM-kanavan kantataajuusekvivalentin impulssivastearvojen ja ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseen käytettävien apumuuttujien muodostamista varten keksinnön mukaisesti,

kuvissa 5a - 5c esitetään kuvan 4 järjestelyllä saatuja esimerkkiarvoja,

- 30 kuvassa 6 esitetään kaavion muodossa keksinnön suoritusmuodon mukainen synkronointijärjestely ja

kuvassa 7 esitetään keksinnön suoritusmuodon mukainen menetelmä.

Kuvia 1 - 3b käsitellään edellä tekniikan tason yhteydessä, joten keksinnön seuraavassa kuvauksessa käsitellään erityisesti kuvia 4 - 7.

5 Kuvassa 4 on keksinnön suoritusmuodon mukainen järjestelmä QAM-moduloidussa lähetyksessä käytetyn kanavan viiden kantataajuusekvivalentin impulssivastearvon ja vastaavien apumuuttujien määrittämiseksi. On otettava huomioon, että käytännön sovelluksissa ei tarvitse olla viittä arvoa. Tätä määrää käytetään tässä yhteydessä vain esimerkkitarkoituksessa. Demoduloidusta signaalista saatu peräkkäisten kompleksinäytteiden sarja syötetään viivelinjaan, jossa kukin viidestä viive-elementistä 10 401 - 405 säilyttää yhden kompleksinäytteen kerrallaan. Symboli-ilmaisoin (ei kuvassa) tekee ilmaisupäätöksen, jonka tuloksena saadaan tietty kompleksiluku, joka tunnetaan symbolin ilmaistuna arvona. Ilmaistua symbolin arvoa kuvataan tässä merkinnällä s . Tämä arvo syötetään kompleksimuuttujan muodostavaan lohkkoon 420, joka muuntaa symbolin ilmaistun arvon kompleksimuuttujaksi C .

15 Kompleksimuuttuja C ei ole sama kuin symbolin ilmaistu arvo s . Kuitenkin näiden kahden arvon välillä vallitsee tietty riippuvuus. Tämän riippuvuuden määrittämiseksi s voidaan ilmaista yhtälönä $a + jb$, jossa j on imaginaariyksikkö. Arvon C määrittämiseksi voidaan käyttää seuraavia edullisia ja keskenään vaihtoehtoisia sääntöjä:

- käytetään arvona C arvon s kompleksikonjugaattia, jolloin $C = a - jb$,
- käytetään yhtälöä $C = a$ tai $C = b$,
- 20 - käytetään yhtälöä $C = +k$, jos $a \geq 0$, ja yhtälöä $C = -k$, jos $a < 0$, joissa yhtälöissä k on vakio,
- käytetään yhtälöä $C = +k$, jos $b \geq 0$, ja yhtälöä $C = -k$, jos $b < 0$, joissa yhtälöissä k on vakio,
- käytetään yhtälöä $C = c - jd$, jossa $c = +p$, jos $a \geq 0$, ja $c = -p$, jos $a < 0$, ja $d = +t$,
25 jos $b \geq 0$,
ja $d = -t$, jos $b < 0$, joissa yhtälöissä p ja t ovat vakioita.

Yleensä arvojen C ja s välinen riippuvuus voidaan ilmaista kaavalla

$$C = z \cdot (f_1 - jf_2),$$

30 jossa z on nolasta poikkeava kompleksivakio, $f_1 = f_1(s)$ on arvon s ensimmäinen reaaliarvon saava funktio, $f_2 = f_2(s)$ on arvon s toinen reaaliarvon saava funktio ja funktiot f_1 sekä f_2 liittyvät lisäksi funktion $s = a + jb$ reaali- ja imaginaariosaan niin, että arvon f_1 etumerkki on sama arvon a kanssa ja arvon f_2 etumerkki on sama arvon b kanssa. On otettava huomioon, että reaaliarvot ovat kompleksilukujen osajoukko,

joten vaikka z ja C määritettäisiinkin kompleksiluvuiksi, arvon z tai C tai niiden molempien imaginaariosa voi olla nolla.

5 Kompleksimuuttujan C arvo siirretään rinnakkaisiin kertolaskupiireihin 406 - 410, joissa sillä erikseen kerrotaan viivelinjan elementeissä 401 - 405 olevat kompleksinäytteenä. Kertolaskun tulokset alipäästösuodatetaan rinnakkaisissa alipäästösuotimissa 411 - 415. Suodatettuja lähtösignaaleja voidaan kuvata merkinnöillä $h_1 - h_5$, joissa lihavointi korostaa sitä, että rinnakkaisten alipäästösuodinten 411 - 415 lähtösignaalit ovat yhä kompleksimuodossa.

10 Arvot $h_1 - h_5$ edustavat kantataajuusekvivalentin impulssivasteen kompleksinäytteitä, ja ne ovat apumuuttujat $a_1 - a_5$ muodostavan elementin 421 tulossignaaleja.

Kuvien 5a - 5c väliset erot kuvaavat kantataajuusekvivalentin impulssivasteen reaali- ja imaginaariosien aaltomuotojen epämääräisyyttä ja ajoituksen ohjaussignaalin muodostamisessa käytettyjen keksinnön mukaisten apumuuttujien täsmällisyyttä. Kuvassa 5a esitetään esimerkkejä taajuuskaistaekvivalentin impulssivasteen arvojen 15 $h_1 - h_5$ reaali- ja imaginaariosista (ylin kaavio) ja imaginaariosista (keskimmäinen kaavio). Pysty-akselin yksiköt on valittu mielivaltaisesti. Lisäksi kuvassa 5a:n alimmassa kaaviossa esitetään apumuuttujat, jotka on muodostettu kompleksiarvojen $h_1 - h_5$ neliöityinä itseisarvoina (reaali- ja imaginaariosien neliöiden summana). Tämä menetelmä ei ole ainoa mahdollinen tapa muodostaa apumuuttujat, mutta eri menetelmille on yhteistä se, että apumuuttujien muodostamiseen käytetään sekä reaali- että imaginaariosaa. 20 Kuvissa 5b ja 5c esitetään samat tulokset, mutta niissä on muutettu kaapelia ja/tai lähettimen ja vastaanottimen moduloinnin ja demoduloinnin aaltofunktioiden välistä vaihe-eroa. Kun kaapelia muutetaan, myös sen signaalikaistan siirtofunktion ominaisuudet muuttuvat. Arvojen $h_1 - h_5$ reaali- ja imaginaariosia kuvaavissa kaavioissa on huomattavia eroja kuvissa 5a - 5c. Apumuuttujia kuvaava kaavio pysyy 25 kuitenkin lähes samanlaisena kuvissa 5a - 5c.

30 On otettava huomioon, että apumuuttuja ei pysy täsmälleen samana silloin, kun kaapelia muutetaan, mutta apumuuttujan pääasiallinen aaltomuoto pysyy riittävän täsmällisenä, jotta sitä voitaisiin käyttää ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseen. Kaapelia muutettaessa apumuuttuja käyttäytyy samalla tavalla kuin impulssivaste kantataajuuslähetystapauksessa (esimerkiksi 2B1Q). Yleisesti tarkasteltaessa polaarista esitystä $h_i = r(\cos\theta + j\sin\theta)$ voidaan apumuuttujan a_i muodostaminen kantataajuusekvivalentin impulssivaste-arvosta h_i ilmaista kaavalla

$$a_i = g(h_i),$$

jossa reaali- tai kompleksiarvoinen funktio g valitaan niin, että

$$|g[r(\cos\theta + j\sin\theta)] - g[r(\cos(\theta+\varphi) + j\sin(\theta+\varphi))]| \leq \varepsilon,$$

jossa rajoittavassa ehdossa vakio φ on mielivaltaisesti valittu vaihe-ero ja ε on pieni reaali- vakio, joka voidaan edullisimmin määrittää simuloimalla ja/tai kokeilemalla.

- 5 Ajoituksen ohjaussignaalien muodostaminen apumuuttujien perusteella tapahtuu samalla tavalla kuin ajoituksen ohjaussignaalin muodostaminen impulssivastearvojen perusteella tunnetun kantataajuuslähteyksen tapauksessa. Eräs yksinkertainen mahdollisuus on johtaa $a_1:n$ ja $a_3:n$ välinen ero PI-ohjaimen kautta ja käyttää ohjaimen lähtösignaalia ajoituksen ohjaussignaalinä. Yleisesti voidaan todeta, että
- 10 ajoituksen ohjaussignaalin muodostamisessa voidaan mahdollisesti käyttää esimerkiksi apumuuttujien $a_1 - a_5$ sopivasti valittuja lineaarikombinaatioita, joihin on yhdistetty jonkinlainen integrointi. Tietyn lineaarisen yhdistelmän sopivuus sekä lineaarisessa yhdistelmässä käytettävät mahdolliset vakiokertoimet on edullisinta määrittää simuloimalla ja/tai kokeilemalla.
- 15 Kun ainoastaan moduloinnin ja demoduloinnin aaltofunktioiden välistä vaihe-eroa muutetaan, apumuuttujan muutokset riippuvat menetelmästä, jolla se on muodostettu kantataajuusekvivalentin impulssivasteen reaali- ja imaginaariosista. Tässä esimerkissä käytetyssä neliöiden summa -menetelmässä apumuuttuja on täysin epäherkkä modulaattorin ja demodulaattorin välisen vaihe-eron muutoksille.
- 20 Kuvassa 6 esitetään keksinnön suoritusmuoto, jossa käytetään edellä selitettyä impulssivastearvon tuottamistapaa. Lähetin, kaapeli ja analoginen etupääpiirikytkentä (linjamuuntajat, hybridit ja niin edelleen) eivät näy kuvassa 6. QAM-moduloitujen signaalien vastaanottolaitteessa ensimmäinen lohko 601 vastaanottaa lähettimen signaalin, demoduloi sen ja muuntaa sen näytesarjaksi käyttämällä jompaakumpaa kuvissa 1 ja 2 esitetyistä tunnetuista järjestelyistä. Demodulointiaste voidaan sijoittaa ennen näytteenottoastetta tai sen jälkeen. Modeemisovelluksissa käytetään tavallisesti viimeksi mainittua tapaa. Jos näytteenotto tapahtuu ensin ja demodulointi vasta sen jälkeen, on otettava huomioon, että näytteenotto sinänsä tuottaa aitoja reaali- muodossa olevia näytteitä, jotka muunnetaan kompleksimuotoon vasta demodulointivaiheessa. Kaikissa tapauksissa näytteenoton ja demoduloinnin missä tahansa jär-
- 30 jestyksessä sisältävä toimenpide tuottaa lopputulokseksi kompleksimuodossa olevan näytesarjan.

Näytesarja kulkee kantataajuuden impulssivastearvon tuottavan lohkon 602 läpi, kun se siirtyy ilmaisu- ja dekodauslohkoon 603. Käytännössä loholla 602 voi olla

yhteisiä osia muiden signaalinkäsittelyelementtien kanssa. Esimerkiksi viivelinja saattaa samanaikaisesti olla osa esiekvalisaattoria. Ilmaisin tekee päätöksen jokaista vastaanotettavaa symbolia kohti ja lähettää sen signaalina s kantataajuuden impulssivastearvon muodostavaan lohkoon 602. Impulssivastearvon muodostavan lohkon 5 602 tuottamat kantataajuusekvivalentit impulssivastearvot syötetään apumuuttujan muodostavaan lohkoon 605, joka muodostaa ajoitusohjauksen muodostavaan loh- koon 604 syötettävät apumuuttujat. Se muodostaa ajoituksen ohjaussignaalin, joka syötetään lohkoon 601, jossa signaali säätelee joko näytteistimen ajoitusta tai sää- 10 dettävän digitaalisen suotimen toimintaa (nämä eivät näy erikseen kuvassa 6). Ajoit- tuksen ohjaussignaali voidaan pohjimmiltaan muodostaa apuarvojen lineaarisena yhdistelmänä. Eräs yksinkertainen mahdollisuus on johtaa kahden arvon välinen ero PI-ohjaimen kautta ja käyttää ohjaimen lähtösignaalia ajoituksen ohjaussignaalinä.

Skemaattisesti keksinnön mukainen menetelmä muodostaa suljetun säätösilmukan. Keksinnön suoritusmuoto on esitetty kuvassa 7. Vastaanotettava signaali demodu- 15 loidaan ja näytteistetään (tai näytteistetään ja demoduloidaan), minkä jälkeen teh- dään ilmaisupäätös vaiheessa 701. Signaalia voidaan käsitellä myös muilla tavoilla (esimerkiksi ekvalisoida), mutta nämä toimenpiteet eivät näy kuvassa 7. Ilmaisupää- tös muunnetaan kompleksikorrelaatiomuuttujaksi vaiheessa 702 ja tulos korreloi- daan demoduloidun signaalin yhden tai usean kompleksinäytteen kanssa vaiheessa 20 703. Vaiheessa 704 muodostetaan yksi tai useita apumuuttujia käyttämällä korrelaa- tiotuloksen sekä reaali- että imaginaariosaa. Näin saatua tulosta käytetään varsinaisen ajoituksen ohjaussignaalin tuottamiseen vaiheessa 705. Ajoituksenohjausvaihe 706 vaikuttaa näytteenottoimenpiteen ajoitukseen tai säädettävän digitaalisen suo- timen toimintaan vaiheessa 701, ja koko toimenpidesarjaa toistetaan jatkuvasti.

Keksinnön edellä selitetyt suoritusmuotoja ei ole tarkoitettu rajoittamaan patenti- vaatimuksiin liittyvää suojapiiriä. Se, että edellä olevassa kuvauksessa sekä kanta- 25 taajuusekvivalentteja impulssivastearvoja että apumuuttujia on kumpiakin viisi, joh- tuu ainoastaan esimerkkitaroituksista, eikä tämä määrä siis ole ainoa mahdollinen vaihtoehto. Lisäksi edellä olevassa kuvauksessa oleva korrelaatiopiirikytkenän jär- 30 jestely suhteessa viivelinjaan on esimerkkitaroituksessa yksinkertaistettu kuvauk- sen selkeyttämiseksi niin, että se saattaa poiketa käytännön toteutuksesta. Tekniikan tason kuvauksessa on ilmaistu, että on tunnettua ja sinänsä mahdollista optimoida korrelaatiovaiheeseen liittyvät laskelmat niin, että kertolaskupiirejä ja suotimia tar- vitaan vähemmän.

Patenttivaatimukset

1. Järjestely vastaanottimen synkronoimiseksi kvadratuuri-amplitudimoduloituun signaaliin, jossa mainitussa vastaanottimessa on

5 - ensimmäinen säädettävä yksikkö (601) järjestettynä vastaamaan ajoituksen ohjaussignaaliin säätämällä ajoitusta, jolla vastaanotettu signaali muunnetaan demoduloituksi kompleksinäytteiksi toimenpiteellä, joka koostuu näytteenotosta ja demoduloinnista missä tahansa järjestyksessä, ja

10 - symboli-ilmaisoin (603) järjestettynä muodostamaan demoduloitujen kompleksinäytteiden mukainen ilmaisupäätös (s), joka edustaa vastaanotettua symbolia, tunnettu siitä, että siinä on

- välineet (401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 602) yhden tai usean kompleksimuodossa olevan kantataajuusekvivalentin impulssivastearvon (h₁, h₂, h₃, h₄, h₅) tuottamiseksi QAM-kanavalle korrelaation tuloksena korreloimalla yhtä tai useaa demoduloitua kompleksinäytettä ilmaisupäätöksestä (s) johdetun korrelaatiomuuttujan (C) kanssa,

15 - välineet (421, 605, 604) ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseksi niin, että mainittujen kompleksisten kantataajuusekvivalenttien impulssivastearvojen sekä reaali- että imaginaariosien tietoa käytetään hyväksi.

20 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestely, tunnettu siitä, että se sisältää välineet (420) mainitun kompleksikorrelaatiomuuttujan (C) johtamiseksi ilmaisupäätöksestä (s) käyttämällä kaavaa

$$C = z \cdot (f_1 - jf_2),$$

25 jossa C on kompleksikorrelaatiomuuttuja, z on nollasta poikkeava kompleksivakio, $f_1 = f_1(s)$ on ilmaisupäätöksen s ensimmäinen reaaliarvoinen funktio, $f_2 = f_2(s)$ ilmaisupäätöksen s toinen reaaliarvoinen funktio, ja funktiot f_1 ja f_2 liittyvät lisäksi ilmaisupäätöksen s reaali- ja imaginaariosaan niin, että f_1 :n etumerkki on sama kuin reaali-osan etumerkki ja f_2 :n etumerkki on sama kuin imaginaariosan etumerkki.

30 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestely, tunnettu siitä, että mainituissa välineissä yhden tai useiden kompleksimuodossa olevien kantataajuusekvivalenttien impulssivastearvojen muodostamista varten on

- viivelinja (401, 402, 403, 404, 405) useiden demoduloitujen kompleksinäytteiden tilapäistä säilyttämistä varten,

- useita kertolaskupiirejä (406, 407, 408, 409, 410) tiettyjen tilapäisesti tallennettujen demoduloitujen kompleksinäytteiden kertomiseksi mainitulla kompleksikorrelaatiomuuttujalla (C), ja
- useita alipäästösuotimia (411, 412, 413, 414, 415) mainitun kertolaskutoimituksen tuloksen suodattamiseksi.
- 5
4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että mainitut välineet (421, 605, 604) ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseksi sisältävät välineet apumuuttujien muodostamiseksi, jotka apumuuttujat ovat epäherkkiä muutoksille, jotka johtuvat kantataajuusekvivalenttia impulssivastetta kiertävistä kaapeleista tai lähettimen modulaattorin ja vastaanottimen demodulaattorin vaihe-erosta.
- 10
5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että mainitut välineet (421) ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseksi sisältävät välineet korrelaatiotulosten itseisarvon (moduluksen) saamiseksi.
6. Patenttivaatimuksen 4 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että mainituissa välineissä (604) ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseksi on
- 15
- välineet mainittujen apumuuttujien lineaarisen yhdistelmän muodostamiseksi ja
 - suhteellinen, integroiva säädin, jonka tulo on kytketty mainittuihin välineisiin apumuuttujien lineaarisen yhdistelmän muodostamiseksi ja lähtö on kytketty ensimmäiseen säädettävään yksikköön.
- 20
7. Vastaanotin kvadratuuri-amplitudimoduloidun signaalin vastaanottamiseksi, demoduloimiseksi, näytteistämiseksi ja ilmaisemiseksi, jossa on
- säädettävä demodulointi- ja näytteenottoyksikkö (601) järjestettynä vastaamaan ajoituksen ohjaussignaaliin säätämällä ajoitusta, jolla vastaanotettu signaali muunnetaan kompleksinäytteiksi toimenpiteellä, joka koostuu näytteenotosta ja demoduloinnista missä tahansa järjestyksessä, ja
 - symboli-ilmaisoin (603) järjestettynä tuottamaan vastaanotettua symbolia edustava ilmaisupäätös (s);
- 25
- tunnettu** siitä, että siinä on
- välineet (420) kompleksikorrelaatiomuuttujan (C) johtamiseksi ilmaisupäätöksestä
- 30
- (s),
- välineet (401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 602) yhden tai usean kompleksimuodossa olevan kantataajuusekvivalentin impulssivastearvon (h1, h2, h3, h4, h5) muodostamiseksi QAM-kanavalle korrelaation tuloksena korreloimalla yhtä tai useaa demoduloitua kompleksinäytettä mainitun korrelaatiomuuttujan (C) kanssa,
- 35

- välineet (421, 605, 604) ajoituksen ohjaussignaalin muodostamiseksi niin, että mainittujen kompleksisten kantataajuusekvivalenttien impulssivastearvojen sekä reaali- että imaginaariosaa käytetään hyväksi ja että mainitut välineet on kytketty siten, että ne tuovat ajoituksen ohjaussignaalin säädettävään demodulointi- ja näytteenottoyksikköön (601).

5

8. Menetelmä vastaanottimen synkronoimiseksi kvadratuuri-amplitudimoduloituun signaaliin, jossa on vaiheet, joissa

- vastaanotettu signaali muunnetaan (701) demoduloituksi kompleksinäytteiksi ohjatulla toimenpiteellä, joka on herkkä tietylle ajoituksen ohjaussignaalille, ja

10 - demoduloitujen kompleksinäytteiden mukaisesti muodostetaan (701) ilmaisupäätös, joka edustaa vastaanotettua symbolia,

tunnettu siitä, että

- muodostetaan yksi tai useita (703) korrelaatiotuloksia, joissa on reaali- ja imaginaariosa, korreloimalla yhtä tai useita demoduloituja kompleksinäytteitä ilmaisupäätöksestä johdetun kompleksikorrelaatiomuuttujan kanssa,

15

- käytetään samanaikaisesti mainitun korrelaatiotuloksen reaali- ja imaginaariosia yhden tai useiden apumuuttujien muodostamiseen (704), jotka lisämuuttujat ovat epäherkkiä muutoksille, jotka johtuvat kantataajuusekvivalentin taajuusvasteen kiertymisestä kaapeleissa, tai lähettimen modulaattorin ja vastaanottimen demodulaattorin välisestä vaihe-erosta,

20

- mainituista apumuuttujista muodostetaan (705) ajoituksen ohjaussignaali.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että siinä on vaihe, jossa mainittu korrelaatiomuuttuja johdetaan (702) ilmaisupäätöksestä käyttämällä kaavaa

25
$$C = z \cdot (f_1 - jf_2),$$

jossa C on kompleksikorrelaatiomuuttuja, z on nolasta poikkeava kompleksivakio, $f_1 = f_1(s)$ on ilmaisupäätöksen s ensimmäinen reaaliarvoinen funktio, $f_2 = f_2(s)$ ilmaisupäätöksen s toinen reaaliarvoinen funktio, ja funktiot f_1 ja f_2 liittyvät lisäksi ilmaisupäätöksen s reaali- ja imaginaariosiin niin, että f_1 :n etumerkki on sama kuin reaaliosan etumerkki ja f_2 :n etumerkki on sama kuin imaginaariosan etumerkki.

30

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että vaihe, jossa muodostetaan (703) korrelaatiotulos, käsittää alivaiheet, joissa - peräkkäisiä demoduloituja kompleksinäytteitä tallennetaan,

- yksi tai useita kompleksinäytteitä kerrotaan mainitulla kompleksikorrelaatiomuuttujalla ja
- mainitun kertolaskun kompleksituloksen suodatetaan;
- ja vaihe, jossa samanaikaisesti käytetään mainitun korrelaatiotuloksen reaali- ja
- 5 imaginaariosaa, käsittää alivaiheen, jossa
- käytetään mainitun korrelaatiotuloksen reaali- ja imaginaariosia yhden tai useiden apumuuttujien muodostamiseen (704), jotka lisämuuttujat ovat epäherkkiä muutoksille, jotka johtuvat kantataajuusekvivalenttia impulssivastetta kiertävistä kaapeleista tai lähettimen modulaattorin ja vastaanottimen demodulaattorin välisestä vaihe-
10 eroista.

Patentkrav

1. Arrangemang för synkronisering av en mottagare till en kvadratur-amplitudmodulerad signal, vilken mottagare omfattar
 - en första reglerbar enhet (601) som har anordnats att svara på en tajmningsstyrsignal genom att reglera tajmningen med vilken en mottagen signal omvandlas till demodulerade komplexa prover i en process som omfattar provtagning och demodulering i valfri ordning, och
 - en symboldetektor (603) som har anordnats att bilda i enlighet med de demodulerade komplexa proven ett detektionsbeslut (s) som representerar en mottagen symbol;
 - 20 **kännetecknat av att det omfattar**
 - organ (401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 602) för att generera ett eller flera komplexa basbandsekvivalenta impulsresponsvärden (h1, h2, h3, h4, h5) för en QAM-kanal som ett korrelationsresultat genom
 - 25 att korrelera ett eller flera demodulerade komplexa prover med en från detektionsbeslutet (s) härledd korrelationsvariabel (C),
 - organ (421, 605, 604) för att generera tajmningsstyrsignalen på så sätt att information i både realdelen och den imaginära delen av nämnda komplexa basbandsekvivalenta impulsresponsvärden utnyttjas.
- 30 2. Arrangemang enligt patentkrav 1, **kännetecknat av att det omfattar ett organ (420) för härledning av nämnda komplexa korrelationsvariabel (C) från detektionsbeslutet (s) medelst formeln**

$$C = z \cdot (f_1 - jf_2),$$

där C är den komplexa korrelationsvariabeln, z är en komplex konstant som inte är noll, $f_1 = f_1(s)$ är en första realvärdesfunktion av detektionsbeslutet (s), $f_2 = f_2(s)$ är en andra realvärdesfunktion av detektionsbeslutet (s), och funktionerna f_1 och f_2 dessutom hör till realdelen och den imaginära delen av detektionsbeslutet (s) på så sätt att förtecknet för f_1 är det samma som förtecknet för realdelen och förtecknet för f_2 är det samma som förtecknet för den imaginära delen.

3. Arrangemang enligt patentkrav 1, kännetecknat av att nämnda organ för att generera ett eller flera komplexa basbandsekvivalenta impulsresponsvärden omfattar
- 10 - en fördröjningslinje (401, 402, 403, 404, 405) för temporär lagring av ett antal demodulerade komplexa prover,
 - flera multiplikationskretsar (406, 407, 408, 409, 410) för multiplicering av ett antal av de temporärt lagrade demodulerade komplexa proverna med nämnda komplexa korrelationsvariabel C , och
- 15 - ett antal lågpasfilter (411, 412, 413, 414, 415) för filtrering av resultatet från nämnda multiplikation.

4. Arrangemang enligt patentkrav 1, kännetecknat av att nämnda organ (421, 605, 604) för att generera tajmningsstyrsignalen omfattar organ för att bilda hjälpvariabler som är okänsliga mot förändringar som förorsakas av kablar som roterar
- 20 den basbandsekvivalenta impulsresponsen eller som förorsakas av fasskillnaden mellan sändarens modulator och mottagarens demodulator.

5. Arrangemang enligt patentkrav 4, kännetecknat av att nämnda organ (421) för att generera tajmningsstyrsignalen omfattar organ för att erhålla de absoluta värdena (modulus) för korrelationsresultaten.

- 25 6. Arrangemang enligt patentkrav 4, kännetecknat av att de nämnda organen (604) för att generera tajmningsstyrsignalen omfattar
- organ för att bilda en linjär kombination av nämnda hjälpvariabler, och
- en proportionell, integrerande reglerare vars ingång har kopplats till nämnda organ för att bilda en linjär kombination av hjälpvariablerna och vars utgång har kopplats
- 30 till den första reglerbara enheten.

7. Mottagare för mottagning, demodulering, provtagning och detektering av en kvadratur-amplitudmodulerad signal, vilken mottagare omfattar

- en reglerbar demodulator- och provtagningseenhet (601) som har anordnats att svara på en tajmningsstyrsignal genom att reglera tajmningen med vilken en mottagen

signal omvandlas till komplexa prover i en process som omfattar provtagning och demodulering i valfri ordning, och

- en symboldetektor (603) som har anordnats att bilda ett detektionsbeslut (s) som representerar en mottagen symbol,

5 **kännetecknad** av att den omfattar

- organ (420) för härledning av en komplex korrelationsvariabel (C) från detektionsbeslutet (s),

10 - organ (401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 602) för att generera ett eller flera komplexa basbandsekvivalenta impulsresponsvärden (h1, h2, h3, h4, h5) för en QAM-kanal som ett korrelationsresultat genom att korrelera ett eller flera demodulerade komplexa prover med nämnda korrelationsvariabel (C),

15 - organ (421, 605, 604) för att generera tajmningsstyrsignalen på så sätt att information i både realdelen och den imaginära delen av nämnda komplexa basbandsekvivalenta impulsresponsvärden utnyttjas, varvid nämnda organ har kopplats på så sätt att de hämtar tajmningsstyrsignalen till den reglerbara demodulerings- och provtagningseenheten (601).

8. Förfarande för synkronisering av en mottagare till en kvadratur-amplitudmodulerad signal, uppvisande steg i vilka

20 - en mottagen signal omvandlas (701) till demodulerade komplexa prover med en styrd procedur som är känslig för en viss tajmningsstyrsignal, och

- i enlighet med de demodulerade komplexa proverna bildas (701) ett detektionsbeslut som representerar en mottagen symbol,

kännetecknat av att

25 - ett eller flera korrelationsresultat bildas (703), vilka uppvisar en real- och en imaginärdel, genom att korrelera ett eller flera demodulerade komplexa prover med en från detektionsbeslutet härledd komplex korrelationsvariabel

- real- och imaginärdelen vid nämnda korrelationsresultat används samtidigt för att bilda (704) en eller flera hjälpvariabler, vilka hjälpvariabler är okänsliga mot förändringar som förorsakas av kablar som roterar den basbandsekvivalenta impulsresponsen eller som förorsakas av fasskillnaden mellan sändarens modulator och mottagarens demodulator,

- tajmningsstyrsignalen genereras (705) ur nämnda hjälpvariabler.

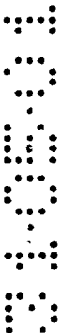
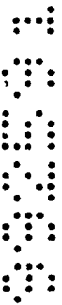
9. Förfarande enligt patentkrav 8, **kännetecknat** av att det omfattar ett steg i vilket nämnda komplexa korrelationsvariabel härleds från detektionsbeslutet medelst formeln

35

$$C = z \cdot (f_1 - jf_2),$$

där C är den komplexa korrelationsvariabeln, z är en komplex konstant som inte är noll, $f_1 = f_1(s)$ är en första realvärdesfunktion av detektionsbeslutet (s), $f_2 = f_2(s)$ är en andra realvärdesfunktion av detektionsbeslutet (s), och funktionerna f_1 och f_2 dessutom hör till realdelen och den imaginära delen av detektionsbeslutet (s) på så sätt att förtecknet för f_1 är det samma som förtecknet för realdelen och förtecknet för f_2 är det samma som förtecknet för den imaginära delen.

10. Förfarande enligt patentkrav 8, kännetecknat av att det steg i vilket ett korrelationsresultat genereras (703) omfattar understeg i vilka
- 10 - successiva demodulerade komplexa prover lagras,
 - ett eller flera komplexa prover multipliceras med nämnda komplexa korrelationsvariabel, och
 - det komplexa resultatet från nämnda multiplikation filtreras,
- och att det steg i vilket samtidigt används både real- och imaginärdelen i nämnda
- 15 korrelationsresultat omfattar ett understeg i vilket
- real- och imaginärdelen i nämnda korrelationsresultat används för bildande (704) av en eller flera hjälpvariabler, vilka hjälpvariabler som är okänsliga mot förändringar som förorsakas av kablar som roterar den basbandsekvivalenta impulsrespon-
 - 20 sens och som förorsakas av fasskillnaden mellan sändarens modulator och mottagarens demodulator.



1/5

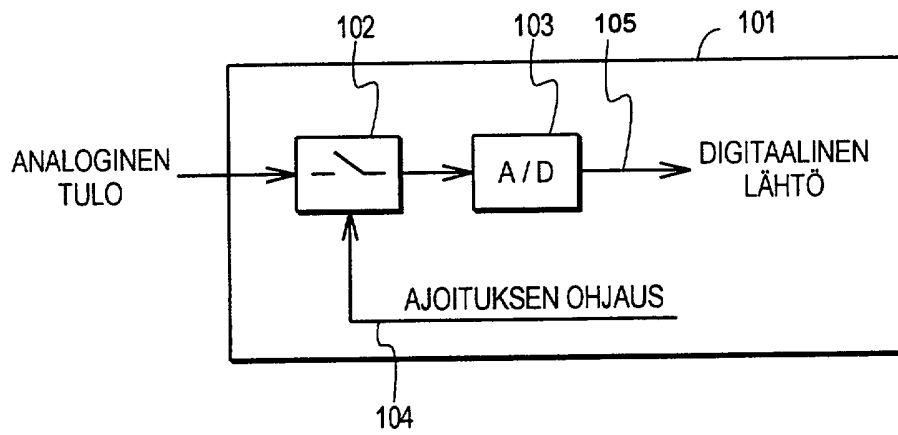


Fig. 1
TEKNIIKAN TASO

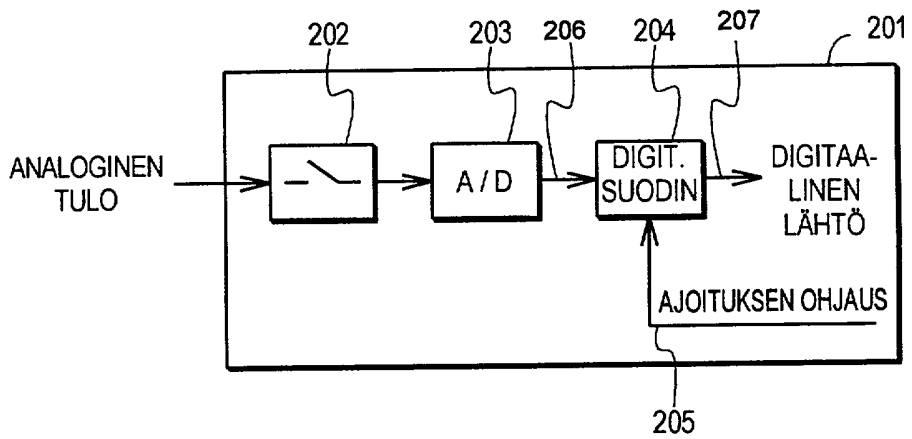
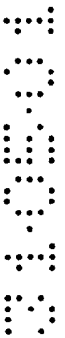
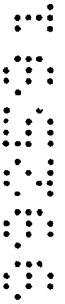


Fig. 2
TEKNIIKAN TASO



2/5

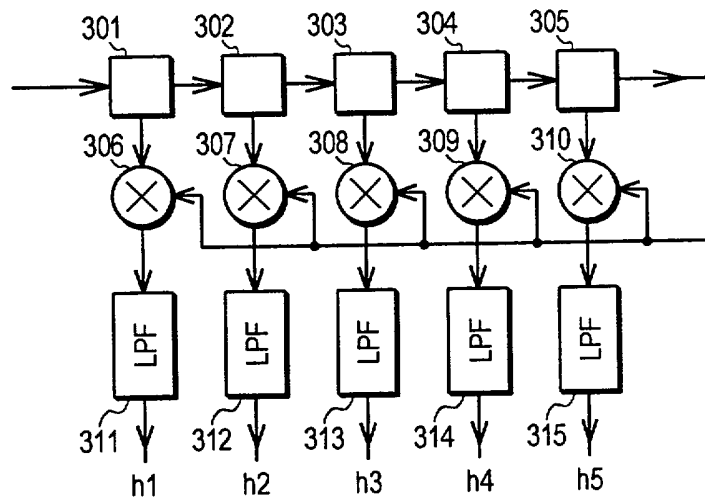


Fig. 3a
TEKNIKAN TASO

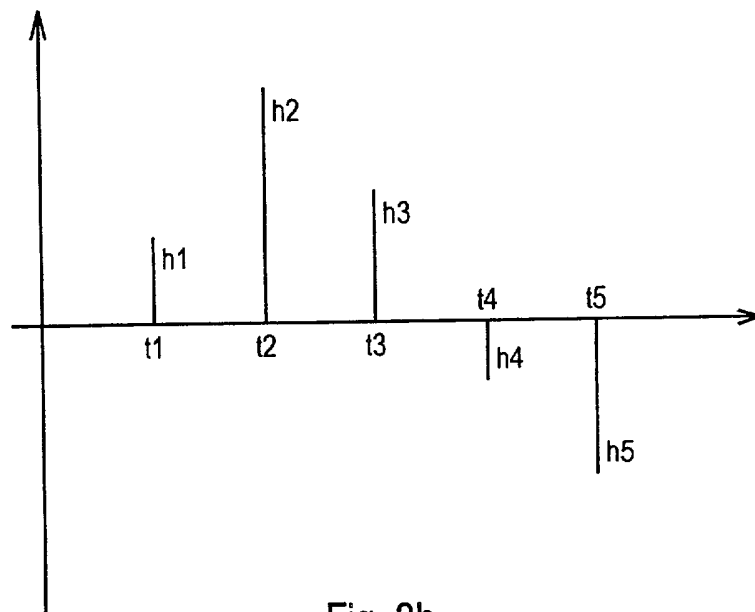


Fig. 3b
TEKNIKAN TASO

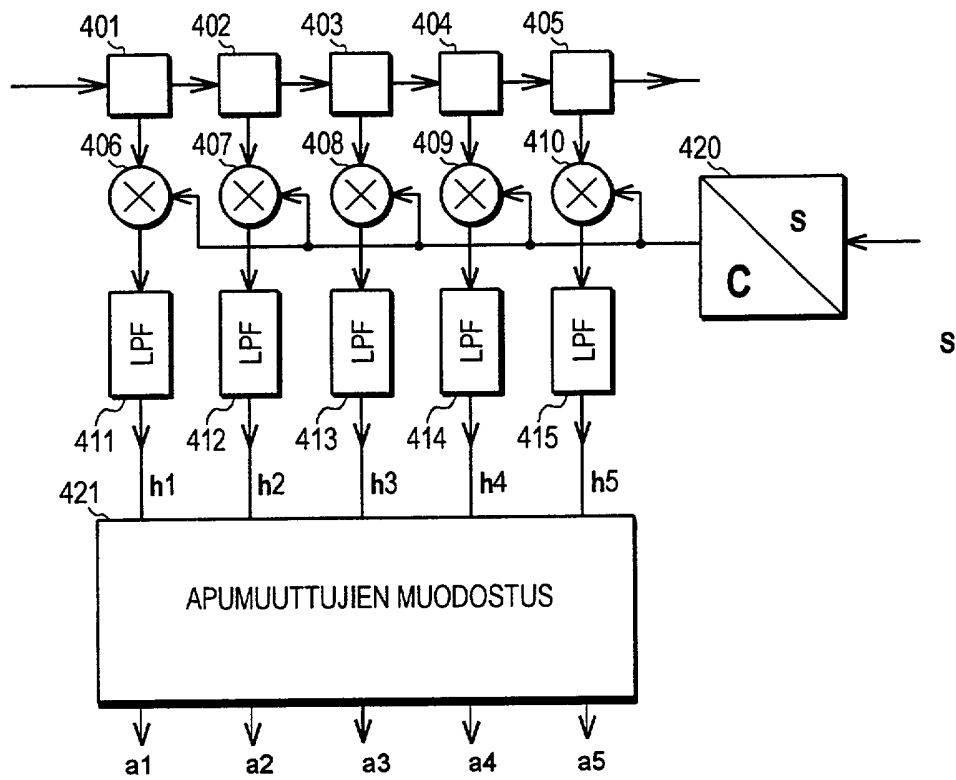


Fig. 4

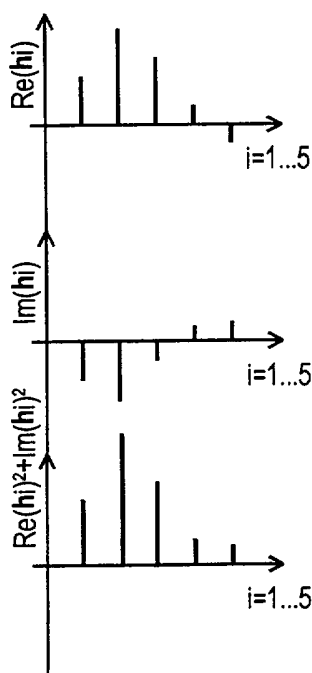


Fig. 5a

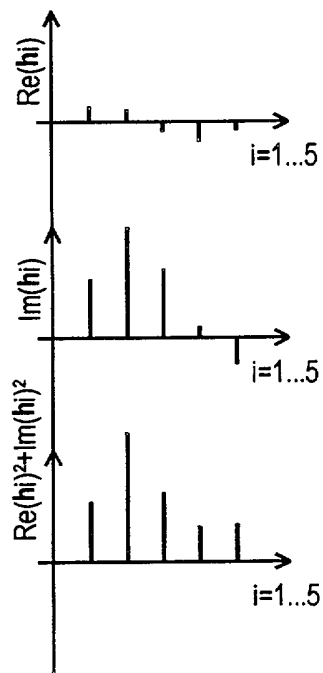


Fig. 5b

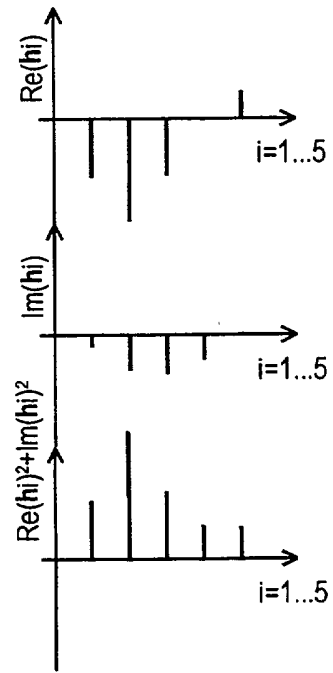


Fig. 5c

4/5

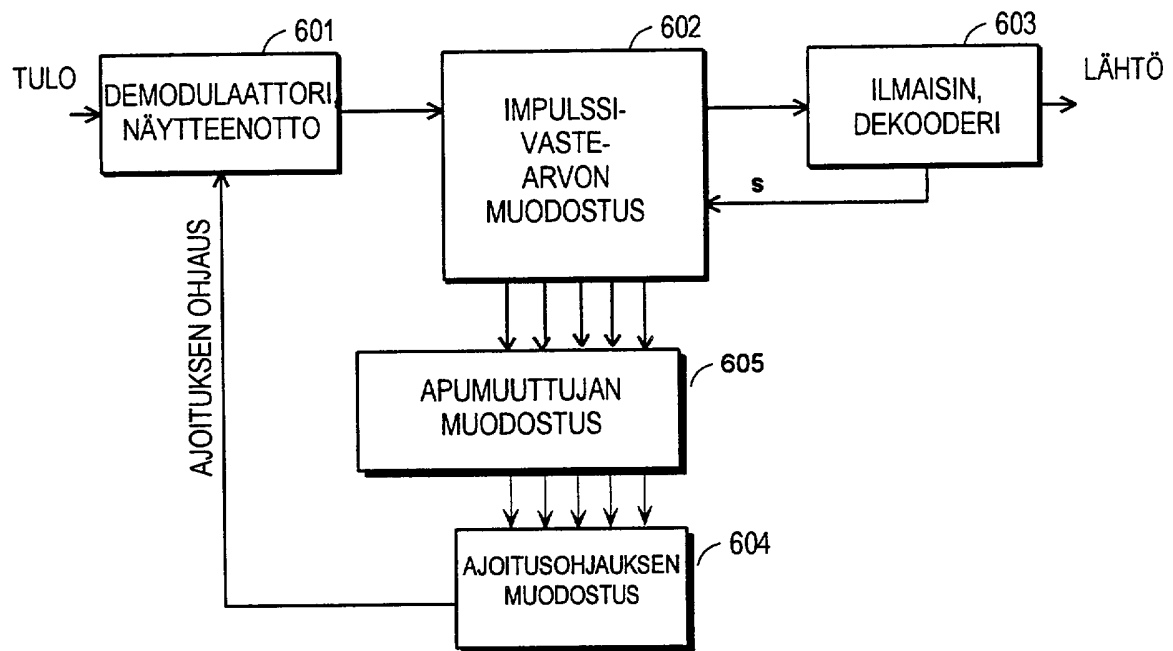


Fig. 6

5/5

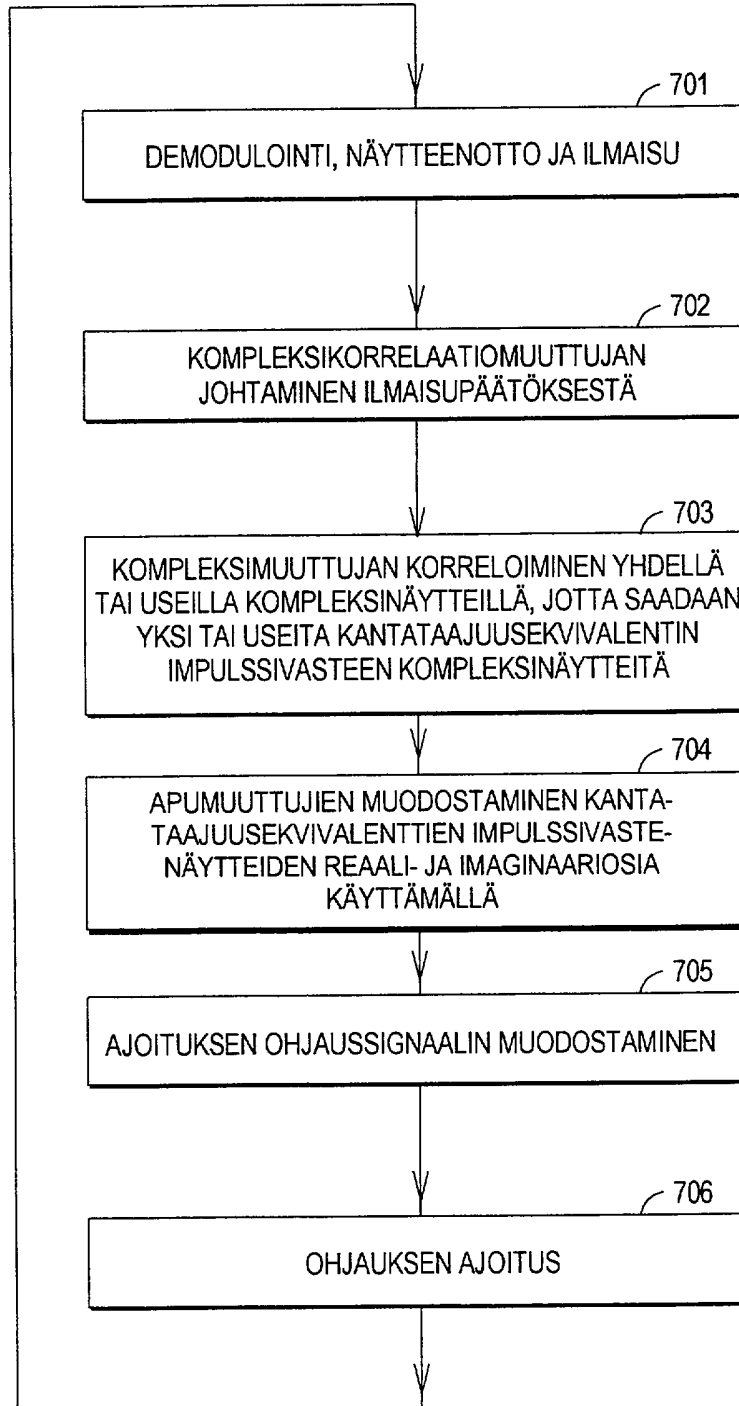


Fig. 7