



**SUOMI-FINLAND**  
**(FI)**

**Patentti- ja rekisterihallitus**  
**Patent- och registerstyrelsen**

**(C) (11) PATENTTIJULKAISU**  
**PATENTSKRIFT**

85548

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats 27.04.92

(51) Kv.1k.5 - Int.cl.5

**H 04B 3/04**

(21) Patenttihakemus - Patentansökning 902992

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 14.06.90

(24) Alkupäivä - Löpdag 14.06.90

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 15.12.91

(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. -  
Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad 15.01.92

(73) Haltija - Innehavare

1. Oy Nokia Ab, PL 780, 00101 Helsinki, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Hendriksson, Jukka, Kirvuntie 28 D, 02140 Espoo, (FI)

2. Raivio, Kimmo, Keihästie 12 D, 01280 Vantaa, (FI)

3. Kohonen, Teuvo, Mellstenintie 9 C 2, 02170 Espoo, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

**Vastaanottomenetelmä ja vastaanotin diskreeteille signaaleille**  
**Mottagningsförfarande och mottagare för diskreta signaler**

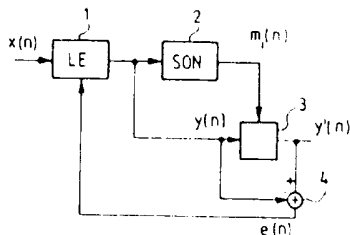
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FI C 73849 (H 04B 3/04), US A 4713829 (H 04L 27/00), US A 4615038 (H 04B 3/04),  
US A 4303895 (H 04B 3/04), US A 4577329 (H 04B 3/04), WO A 89/08360 (H 04L 1/20)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on adaptiivinen vastaanottomenetelmä ja vastaanotin, joka käsittää adaptiivisen korjainvälineen (1) vastaanotetun signaalin käsittelemiseksi. Vastaanottimessa on lisäksi itseorganisoi-  
tuvaa karttaperiaatetta käyttävä adaptiivinen ilmaisinväline (2, 3), joka on toiminnallisesti kytketty adaptiivisen korjaimen (1) jälkeen. Adaptiivista korjainta (1) ohjataan käsitellyn signaalin  $y(n)$  ja ilmaistun signaalin  $y'(n)$  välisestä virheestä riippuvaisesti.

Uppfinningen avser ett adaptivt mottagningsförfarande och en mottagare omfattar ett adaptivt korrektionsorgan (1) för behandling av den mottagna signalen. Mottagaren har dessutom ett på självorganiserande kartprincip baserat adaptivt detekterorgan (2,3) funktionellt kopplat efter den adaptiva korrektorn (1). Den adaptiva korrektorn (1) styrs på basen av felet mellan den behandlade signalen  $y(n)$  och den detekterade signalen  $y'(n)$ .



Vastaanottomenetelmä ja vastaanotin diskreeteille signaaleille

5       Keksintö liittyy diskreettien signaalien vastaanottomenetelmään, joka käsittää vastaanotetun diskreetin signaalin käsittelyn siirtotien aiheuttaman vääristymän korjaamiseksi ennen ilmaisua.

10       Digitaalisten signaalien vastaanotossa on tavallisesti ongelmana se, että kohinan lisäksi siirtokanava aiheuttaa signaaliin lineaarisia ja epälineaarisia vääristymiä. Tunnettuja menetelmiä lineaaristen vääristymien vaikutusten poistamiseksi vastaanotetusta signaalista ovat mm. lineaariset ja epälineaariset transversaalikorjaimet, jotka voivat olla adaptiivisia, jolloin ne mukautuvat kanavan  
15       mahdollisiin muutoksiin signaalin lähetyksen aikana.

20       Epälineaaristen vääristymien korjaamiseksi on esitetty kansainvälisessä patenttihakemuksessa PCT/FI89/00037 adaptiivinen kantittuneiden signaalien ilmaisumenetelmä, joka ilmaisutapahtumassa itseorganisoituvaa karttaperiaatetta hyväksikäyttäen ottaa automaattisesti huomioon kanavan ominaisuuksissa tapahtuneiden muutosten vaikutukset ilmaisussa käytettävään signaalipisteistöön. Tätä samaa menetelmää on käsitelty myös julkaisussa Kohonen, Raivio, Simula, Ventä, Henriksson: An adaptive discrete-signal  
25       detector based on self-organizing maps. International Joint Conference on Neural Networks IJCNN-90-WASH DC, Jan 15-19, 1990, Washington DC, vol II, P. II-249-52.

30       Edellä esitetyt ratkaisut eivät kuitenkaan pysty toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla ympäristössä, jossa näitä molempia vääristymälajeja esiintyy samanaikaisesti. Lineaarinen tai epälineaarinen transversaalikorjain ei pysty korjaamaan epälineaarisia vääristymiä (tai pystyy siihen vain rajoitetusti) ja epälineaarisia vääristymiä poistava karttamenetelmä häiriintyy puolestaan lineaarisista vääristymistä.  
35

Esillä olevan keksinnön päämääränä on aikaansaada vastaanottomenetelmä ja vastaanotin, jotka kykenevät tehokkaasti käsittelemään samanaikaisesti sekä epälineaarisia että lineaarisia vääristymiä.

5 Tämä saavutetaan johdannossa esitetyn tyyppisellä menetelmällä, jolle on keksinnön mukaisesti tunnusomaista, että käsitelty diskreetti signaali ilmaistaan itseorganisoi-  
soituvaan karttaan perustuvalla adaptiivisella ilmaisumenetelmällä ja ennen ilmaisua tapahtuvaa vääristymän korjausta  
10 ohjataan käsitellyn signaalin hetkellisen signaalinäytteen ja itseorganisoidun kartan muodostaman signaalipisteistön välisestä virheestä riippuvaisesti.

Keksinnön mukaisesti voidaan aikaisempien menetelmien epäkohtia poistaa tai lieventää ottamalla käyttöön  
15 yhdistetty menetelmä, jossa signaalille suoritetaan aluksi lineaarinen korjaus halutulla adaptiivisella menetelmällä esimerkiksi lineaarista transversaalikorjainta tai päätöstakaisinkytkettyä korjainta käyttäen ja korjattu signaali  
ilmaistaan itseorganisoiduvaa karttaa käyttävällä ilmaisumenetelmällä. Sitten lasketaan korjatun signaalin hetkel-  
20 lisen signaalinäytteen virhe itseorganisoiduvalla kartalla muodostetun signaalipisteistön suhteen. Näin saatua virhetermiä käytetään ohjaamaan lineaarista korjainta, esim. korjaimen tappikertoimien määrittystä. Keksinnön eräessä  
25 suoritusmuodossa korjausta on edelleen tehostettu käyttämällä ja ohjaamalla samanaikaisesti sekä tavanomaista lineaarista korjainta että päätöstakaisinkytkettyä korjainta.

Huomattavin ero perinteiseen transversaalikorjaimen verrattuna on, että tässä menetelmässä lineaarista  
30 korjainta ohjaava virhetermi lasketaan adaptiivisen signaalipisteistön suhteen. Perinteisissä menetelmissä ilmaisussa käytettävät signaalipisteistöt ja päätösraajat ovat kiinteitä eivätkä ne täten ota huomioon siirtokanavassa mahdollisesti tapahtuvia muutoksia, jotka johtuvat lait-  
35 teiden vanhenemisesta tai muista syistä.

Keksinnön ensisijaisessa suoritusbuodossa itseorganisoituvan kartan muodostamaa, ilmaisussa käytettävää signaalipisteistöä korjataan lineaarisen vääristymän osalta korjatun vastaanotetun perusteella. Keksinnön vaihtoehtoisessa suoritusbuodossa signaalipisteistön korjaamiseen käytetään vastaanotettua signaalia sellaisenaan, mikä menetelmä on edelliseen verrattuna yleensä suorituskvyyltään huonompi, mutta sillä saatetaan saavuttaa etuja sellaisissa tapauksissa, joissa epälineaarinen vääristymä on niin suuri, ettei lineaarinen korjain pysty alkutilanteessa konvergoitumaan. Keksinnön vielä eräässä suoritusbuodossa voidaan adaptiivisesti valita kahden edellä mainitun vaihtoehdon välillä.

Keksinnön kohteena on myös patenttivaatimuksen 7 mukainen vastaanotin.

Keksintöä selitetään nyt yksityiskohtaisemmin suoritusesimerkkien avulla viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1A havainnollistaa 16QAM-signaalin yhteydessä käytettävää signaalipisteistöä ja

kuvio 1B havainnollistaa tällaisen signaalipisteistön epälineaarista vääristymistä,

kuviot 2A ja 2B havainnollistavat 1- ja 2-dimensio-naalisia itseorganisoituvia karttoja,

kuviot 3, 4 ja 5 esittävät lohkokaaviomuodossa erilaisia keksinnön mukaisia vastaanottimia,

kuvio 6 esittää 16QAM-signaalipisteistön yhtä kvadranttia havainnollistaen keksinnön mukaisessa menetelmässä käytetyn virhetermin  $e(n)$  määrittämistä,

kuviot 7 ja 8 esittävät lohkokaaviot kahdesta keksinnön mukaisesta vastaanottimesta, kun vastaanotettava signaali on 16QAM-signaali tai vastaava.

Tyypillisen tiedonsiirtojärjestelmän perustehtävänä on lähettää viestejä pisteestä toiseen. Tämän toteuttamiseksi viesti täytyy koodata ja moduloida optimaalisella

tavalla niiden saattamiseksi mahdollisimman sopiviksi siirtoa varten. Erityisesti pitkillä etäisyyksillä tapahtuva tiedonsiirto tavallisesti vaatii suuritaajuisen kantoaal-  
 5 lön, jota moduloidaan koodatuilla viesteillä. Esimerkiksi hyvin tunnetussa amplitudimodulaatiossa (AM) kantoaalto yksinkertaisesti kerrotaan viestisignaalilla. Yleisesti käytetään myös taajuus- ja vaihemodulaatiota.

Siirtokanava yhdistää järjestelmän eri päät. Kantoaaltoon ja viestiin vaikuttaa yleensä signaalivaimennus,  
 10 kohina, interferenssi, vääristymä jne. Vakiomenetelmä kohinan ja interferenssin vaimentamiseksi on käyttää sopivaa suodatusta. Lineaarisille vääristymille on kehitetty erilaisia korjaustekniikkoja, mutta valitettavasti monilla vääristymillä on epälineaarisia ominaisuuksia, jotka teke-  
 15 vät ne vaikeiksi kompensoida. Digitaalisessa tiedonsiirrossa moduloivat signaalit saavat vain diskreettejä arvoja näytteenottohetkillä. Vastaanottimen ongelmana on tällöin tunnistaa diskreetit arvot, esim.  $\pm A_c$ ,  $\pm 3A_c$ ... Yksi tehokkaimmista modulointitekniikoista on kvadratuuriamplitudimodulaatio (QAM). Siinä on kaksi identtistä kantoaaltoa sa-  
 20 manaikaisesti samalla kanavalla 90 asteen vaihesiirrossa keskenään. Molemmat kantoaaltokomponentit voidaan moduloida erikseen, jolloin signaali  $x(t)$  saadaan yhtälöstä

$$x(t) = x_i(t)A_c \cos(\omega_c t + \theta) - x_q(t)A_c \sin(\omega_c t + \theta) \quad (1)$$

Kerrointa  $x_i(t)A_c$  kutsutaan "in-phase" -komponentiksi  $i$  ja kerrointa  $x_q(t)A_c$  "kvadratuuri"-komponentiksi  $q$ . Kuviossa 1A esitetyssä koordinaattijärjestelmässä vaaka-  
 30 akseli kuvaa komponentin  $i$  vaihetta ja pystyakseli komponentin  $q$  vaihetta niin, että signaalin  $x(t)$  vaihe on näiden kahden komponentin vaiheiden summa. Digitaalisessa QAM-signaalissa  $i$ - ja  $q$ -komponentit voivat saada ainoastaan diskreetit arvot. Täten edellä mainitussa koordinaattijär-  
 35 jestelmässä, jokainen mahdollinen  $(i, q)$  pari käyttää dis-

kreetin ristikkopisteen, jolloin muodostuu ns. signaalipisteistö. Demodulaatio on modulaation käänteisoperaatio, ts. se pyrkii palauttamaan diskreetit  $x_1$ - ja  $x_q$ -koodit lähetetystä aaltomuodosta. Tarkemmin sanottuna ongelmana on ilmaista diskreetit signaaliarvot  $\pm A_c$ ,  $\pm 3A_c$  jne, kun kohina, interferenssi, vääristymät, jne. vaikuttavat signaalitasoihin. Kuvio 1a esittää myös vastaanotettujen signaalien pistetiheysfunktion (pdf) ideaalisessa olosuhteessa, jolloin funktio sisältää huiput mahdollisissa ristikkopisteissä. Kuviossa 1b pistetiheysfunktion huiput ovat kohinan seurauksena levinneet ja lisäksi itse huiput ovat vääristymän seurauksena siirtyneet. Tavallisesti vääristymän aiheuttaa hitaasti muuttuva ilmiö, kuten lämpötila muutospiiristössä tai siirto väliaineessa, niin että lyhyellä aikavälillä, kun kohina unohdetaan, kahden peräkkäin vastaanotetun signaalin diskreetit signaalitasot eivät ole kovin kaukana toisistaan. Lineaarinen vääristymä voidaan helposti kompensoida erilaisilla korjaustekniikoilla, mutta epälineaarista vääristymää on vaikeampi käsitellä.

Lineaarisen ja epälineaarisen vääristymän samankertainen korjaaminen saavutetaan tehokkaasti keksinnön perusperiaatteiden mukaisesti korjaamalla vastaanotetusta signaalista lineaarinen vääristymä ja ilmaisemalla korjattu signaali itseorganisoiutuvaan karttaan perustuvalla adaptiivisella ilmaisumenetelmällä, jossa käytetty signaalipisteistö adaptiivisesti mukautuu siirtokanavan vääristämiin vastaanotetun signaalin signaalitiloihin. Vääristymä voi tapahtua esimerkiksi kuvion 1A mukaisesta ideaalisesta signaalipisteistöstä kuvion 1B mukaiseen epälineaarisesti vääristyneeseen signaalipisteistöön. Keksinnön mukaisesti lineaarista korjainta edelleen ohjataan käsitellyn signaalin  $y(n)$  hetkellisen signaalinäytteen ja itseorganisoiutuvan kartan muodostaman signaalipisteistön välisestä virheestä riippuvaisesti.

Menetelmän toteuttava keksinnön ensisijaisen suori-

tusmuodon mukainen diskreettien signaalien vastaanotin on esitetty lohkokaaavion muodossa kuviossa 3. Siirtokanavasta vastaanotettu diskreetti signaali  $x(n)$  syötetään lineaarisen korjaimen 1 sisääntuloon kanavan aiheuttaman lineaarisen vääristymän pienentämiseksi tai poistamiseksi. Korjaimen 1 ulostulosignaali  $y(n)$  eli käsitelty vastaanotettu signaali syötetään itseorganisoituvaan kartan 2 ohjaussisääntuloon ja ilmaisimen 3 sisääntuloon. Itseorganisoituvan kartan 2 soluissa kehitetään adaptiiviset arvot, jotka seuraavat signaalin  $y(n)$  diskreeteissä signaalitiloissa ajan mukana tapahtuvia muutoksia ja muodostavat adaptiivisen signaalipisteistön  $m_i(n)$ , joka syötetään ilmaisimelle 3, jossa  $m_i$ -arvoja käytetään päätöstasoina siten, että ilmaisimen 3 tulkitsee signaalin  $y(n)$  hetkellisen signaalinäytteen arvoksi lähimmän signaalipisteistössä  $m_i(n)$  olevan signaalipisteen ja antaa sen arvoksi ilmaistulle signaalille  $y'(n)$ . Ilmaisun virhe on  $e(n)=m_i(n)-y(n)$  ja sitä käytetään keksinnön mukaisesti korjaimen 1 ohjaukseen. Keksinnön ensisijaisessa suoritusblokkissa käsitelty signaali  $y(n)$  ja ilmaistu signaali  $y'(n)$  syötetään vähentäjäpiirille 4, joka muodostaa näiden kahden signaalin erosignaalin  $e(n)$ , joka takaisinkytketään lineaariselle korjaimelle 1 adaptiivisesti muuttamaan lineaarisen korjaimen kertoimia sopivalla tavalla esimerkiksi gradienttimenetelmää käyttäen (MMSE-kriteerio) tai nollapakotusmenetelmää käyttäen. Virhetermin  $e(n)$  muodostamista on havainnollistettu kuviossa 6, joka esittää itseorganisoituvan kartan 2 muodostaman signaalipisteistön  $m_i(n)$  yhtä kvadranttia 16QAM-signaalin tapauksessa. Kanavassa olevan lineaarisen vääristymän takia signaalipisteistön piste  $m_3$  on siirtynyt pois ideaalisesta paikastaan. Lineaarisen korjaimen 1 ulostulosta saadun hetkellisen signaalinäytteen  $y(n)$  ja ilmaisussa käytettävän signaalipisteen  $m_3$  avulla lasketaan virhetermi  $e(n)$ , jota käytetään lineaarisen korjaimen ohjaamiseen.

Toinen keksinnön mukaisen menetelmän toteuttava

vastaanotin on esitetty kuviossa 4. Vastaanotettu signaali  $x(n)$  syötetään itseorganisoituvan kartan 2 ja lineaarisen korjaimen 1 sisääntuloihin. Korjaimen 1 ulostulosignaali  $y(n)$  ilmaistaan ilmaisimella 3, jolle itseorganisoituva kartta 2 muodostaa ilmaisussa käytettävän adaptiivisen signaalipisteistön  $m_i(n)$ . Signaaleista  $y(n)$  ja  $y'(n)$  muodostetaan vähentäjäpiirillä 4 erosignaali  $(n)$  joka keksinnön mukaisesti ohjaa lineaarista korjainta 1. Tässä suoritussuodossa itseorganisoituva kartta muodostaa ilmaisussa käytettävän signaalipisteistön  $m_i(n)$  suoraan vastaanotetun signaalin  $x(n)$  perusteella, mistä saattaa olla etua kun signaali  $x(n)$  on niin vaikeasti vääristynyt, että korjain 1 ei kykene alkutilanteessa konvergoitumaan.

Kuviossa 5 on esitetty kolmas keksinnön mukaisen menetelmän toteuttava vastaanotin, joka on muodostettu lisäämällä kuvion 3 vastaanottimeen päätöstakaisinkytketty korjain (DFE). Siten kuvioissa 3 ja 5 samoilla viitenumeroilla varustetut lohkot kuvaavat samoja toimintoja tai piirejä. Kuviossa 5 päätöstakaisinkytketty korjain käsittää esimerkiksi transversaalisuodattimella toteutetun yksikön 14, jolle johdetaan sisääntulona ilmaistu signaali  $y'(n)$ , jota yksikkö 14 käsittelee, minkä jälkeen yksikön 14 ulostulosignaali vähennetään lineaarisen korjaimen 1 ulostulosignaalista vähentäjäpiirissä 15 ja saatu erosignaali syötetään ilmaisimelle 3. Yksikölle 14 syötetään myös virhesignaali  $e(n)$ , joka ohjaa yksikön 14 kertoimien muodostamista samalla tavoin kuin korjaimen 1 tapauksessa. Tällaisella yhdistelmällä saadaan vääristymän korjausta edelleen tehostettua.

Päätöstakaisinkytketty korjain voidaan sijoittaa myös kuvion 4 mukaiseen vastaanottimeen vastaavalla tavalla. On myös mahdollista toteuttaa keksinnön mukainen vastaanotin pelkästään päätöstakaisinkytketyllä korjaimella ilman korjainta 1.

Seuraavassa selostetaan yksityiskohtaisemmin ku-



vioiden 3, 4 ja 5 eri lohkojen toimintaa. Korjain 1 voi olla mikä tahansa alalla tunnettu adaptiivinen lineaarinen tai epälineaarinen korjain, jota käytetään kompensoimaan kanavavääristymiä ja symbolien välistä interferenssiä.

5 Yleisin korjaimen rakenne on adaptiivinen transversaalisuodatin, jonka ulostulosignaali saadaan yhtälöstä

$$y(n) = \sum_{k=-N}^N c(k)x(n-k) \quad (3)$$

missä tappikertoimet  $c(n)$  edustavat suodattimen impulssivastetta ja  $y(n)$  on estimaatti  $n$ :nnelle sisääntulonäytteelle. Erilaisia sopivia korjainrakenteita on kuvattu esim.

15 julkaisussa Proakis: "Advances in Equalization for Intersymbol Interference", Advances in Communication Systems Theory and applications, Vol 4, Academic Press, 1975.

Lohkojen 2 ja 3 suorittamaa itseorganisoituvaan karttaan perustuvaa adaptiivista ilmaisu on kuvattu kansainvälisessä patenttihakemuksessa PCT/FI89/00037 sekä seuraavissa artikkeleissa: Kohonen, Raivio, Simula, Ventä, Henriksson: "An adaptive discrete-signal detector based on self-organizing maps". International Joint Conference on Neural Networks IJCNN-90-WASH DC, Jan 15-19, 1990, Washington DC, vol II, p. II-249-52; T. Kohonen, "Clustering, Taxonomy, and Topological Maps of Patterns", Sixth International Conference on Pattern Recognition, Munich, Germany, October 19-22, 1982, ss. 114-128; T. Kohonen, "Self-Organization and Associative Memory", Springer-Verlag, Series in Information Sciences, Vol. 8, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo, 1984, 2. p. 1988.

Nämä julkaisut otetaan viitteinä mukaan keksinnön selitykseksi. Lohkojen 2 ja 3 rakennetta ja toimintaa selostetaan kuitenkin lyhyesti seuraavassa. Tyypillinen itseorganisoituva kartta on opetussoluista muodostuva lineaarinen ryhmä, jossa kukin solu sisältää adaptiivisen paramet-

rin tai signaalipisteen  $m_i$ . Kartta voi olla yksidimensionaalinen (kuvio 2A) tai kaksidimensionaalinen (kuvio 2B). Kun ideaaliset ja vääristyneet signaaliarvot ovat yksidimensionaalisia,  $m_i$ -arvot ovat myös skalaareja. Tiedonsiirron alussa  $m_i$ -arvot alustetaan ideaaliarvoihin tai lähetyksen alussa vastaanotettujen signaalitasojen mukaisesti tai ne voivat olla satunnaisarvoja, koska  $m_i$ -arvot konvergoivat tehokkaasti vastaanotettujen kvantisoituneiden arvojen mahdollisiin asymptoottisiin arvoihin itseorganisoiutuvaan oppimisprosessin kuluessa. Lohkojen 2 ja 3 suorittama adaptiivinen ja ajan mukana muuttuva signaalin tunnistus etenee seuraavien sääntöjen mukaisesti, jotka perustuvat alkuperäiseen itseorganisoiutuvaan algoritmiin.

(i) kullakin diskreetillä ajanhetkellä  $t$  määritetään se solu  $c$ , jossa on parhaiten sopiva parametri  $m_i(t)$  sen hetkisen vastaanotetun signaalinäytteen  $x(t)$  ilmaisutulokseksi. Keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa valitaan se parametri  $m_i$ , johon signaalinäytteen euklidinen etäisyys on pienin eli

$$\|x(t) - m_c(t)\| = \min_i \{\|x(t) - m_i(t)\|\} \quad (4)$$

(ii) Korjataan parametreja  $m_i$  valitun kennon  $c$  naapuristossa  $N_c$

$$\begin{aligned} m_i(t+1) &= m_i(t) + \alpha[x(t) - m_i(t)], & i=c \\ m_i(t+1) &= m_i(t) + \beta[x(t) - m_i(t)], & i \in N_c, i \neq c \\ m_i(t+1) &= m_i(t) & i \notin N_c \end{aligned}$$

Topologinen naapurusto  $N_c$  muodostuu itse valitusta kennosta ja sen lähinaapureista syvyydelle  $1, 2, \dots$  asti (katso kuvio 2B).

Naapurusto-oppimista sovelletaan aina symmetrisesti adaptiivisten solujen ryhmän jokaisessa suunnassa. Koska ryhmän reunojen lähellä olevilla soluilla ei ole naapureita

molemmissa suunnissa, oppiminen aiheuttaa hieman näiden solujen  $m_i$ -arvojen biasoitumista kohti ryhmän keskellä olevien solujen parametriarvoja. Keksinnön eräässä suoritusmuodossa tämä on kompensoitu modifoimalla sisääntulosignaali  $x(t)$  muotoon  $b_i + d_i x(t)$ , jossa  $b_i$  ja  $d_i$  ovat solmuspesifisia parametreja, ts. sisääntulosignaalin  $x(t)$  avaruutta laajennetaan tehokkaasti.

Menetelmän kyky palauttaa signaaliavaruuden topologia tulee jopa vielä ilmeisemmäksi, kun signaaliavaruuden kvantisointi on kaksi- tai monidimensionaalinen, jolloin ideaaliset signaaliarvot käyttävät suorakulmaisen alueen verkkopisteiden koordinaattiarvot ja  $m_i$ -arvot ovat kaksidimensionaalisia vektoreita. Muutoin yllä olevat adaptointiyhtälöt ovat suoraan sovellettavissa myös kaksidimensionaaliseen tapaukseen. Kaksidimensionaalista signaali-  
kvantisointia käytetään niin kutsutussa QAM-koodauksessa. Tämän vuoksi on edullista käyttää vastaavaa suorakulmaista oppimissolujen ryhmää, joka on tuttu monista muista itseorganisoituviin karttoihin liittyvistä yhteyksistä.

Tällaiseen itseorganisoitumiseen perustuvan adaptoitumisen seurauksena on, että jos vääristymät signaali-pisteistössä ovat vastaanottimessa sellaisia, että pistetiheysfunktion huippujen paikallinen järjestys säilyy, algoritmi kykenee seuraamaan vääristymiä. Kaksidimensionaalisen avaruuden verkkopisteitä voidaan siirtää, zoomata, pyörittää, jne. erilaisilla tavoilla, silti signaalitasojen järjestys pyrkii palautumaan eli suorakulmainen verkkomainen rakenne palautuu.

Kuvioissa 7 ja 8 on esitetty kaksi vastaanotinta, joissa vastaanotettu signaali  $s(t)$  voi olla esimerkiksi N-vaihemoduloitu signaali tai MQAM-signaali, esimerkiksi 16QAM-signaali. Kuviossa 7 vastaanottosignaali  $s(t)$  ilmaistaan kantataajuudelle sekoittajien 5 ja 8 avulla käyttäen paikallisoskillaattorilla 15 ja vaiheensiirtäjällä 14 muodostettuja paikalliskantoaaltoja, joilla on keskinäinen 90

asteen vaihe-ero. Sekoittimien 5 ja 8 ulostulosignaalit alipäästösuodatetaan tavalliseen tapaan suodattimissa 6 ja vastaavasti 9. Alipäästösuodatetuista signaaleista otetaan näytteitä yksi kutakin lähetettyä symbolia kohti kyt-

5 kimillä 10 ja 11, jotka voivat olla esimerkiksi näytteenotto- ja pitopiirejä. Näytteenoton jälkeen saadaan siten symboliaikaväleihin  $T$  esiintyviä signaalinäytteitä  $x_1(n)$  ja  $x_0(n)$ , jotka ovat QAM-signaalin kvadratuurivaiheiset signaalikomponentit.

10            Signaalinäytteet  $x_1(n)$  ja  $x_0(n)$  johdetaan lineaariseen korjaimeen 1, jossa näytteelle tehdään kulloinkin käytettävän lineaarisen korjaimen edellyttämä muunnos. Esimerkiksi transversaalikorjaimessa on signaalinäytteitä muistissa usean symbolin ajalta ja näitä sopivasti korjaimen

15 tappikertoimista ja impulssivasteesta riippuvalla tavalla painottamalla saadaan kutakin näytteenottohetkeä vastaamaan korjattu signaalipari  $y_1(n)$  ja  $y_0(n)$ . Näytteet  $y_1(n)$  ja  $y_0(n)$  ovat digitaalisia, esimerkiksi 8-bitin sanoja.

Seuraavaksi signaalinäytteet  $y_1(n)$  viedään sekä

20 päätöksentekopiiriin 7 että itseorganisoituvaan verkkoon 2, jotka yhdessä muodostavat adaptiivisen ilmaisimen. Itseorganisoituva kartta 2 laskee kaksi-dimensionaaliselle signaalille optimaalisen signaalipisteistön  $m_1$  itseorganisoituvaa karttamenetelmää käyttäen. Tällöin lasketaan havait-

25 tujen signaalinäytteiden  $y_1(n)$  ja  $y_0(n)$  avulla todennäköisimmät arvot signaalipisteille  $m_1$  ottaen huomioon signaalissa oleva kohina, interferenssi ja vääristymät. Päätöspiiri 7 käyttää näitä signaalipisteitä  $m_1$  referenssipisteinä päättäessään, mitä lähetettyä symbolia vastaanotettu

30 signaalinäytepari  $y_1(n)$  ja  $y_0(n)$  vastaa. Keksinnön ensimmäisessä suoritusmuodossa päätöskriteerinä käytetään sitä, että vastaanotettu signaalinäytepari vastaa sitä referenssipistettä  $m_1$ , johon euklinen etäisyys  $\|y - m_1\|$  on pienin. Päätöspiiri 7 laskee myös virhetermin  $e$ , jonka

35 komponentit ovat

$$e_1 = y_1 - y'_1$$

$$e_0 = y_0 - y'_0$$

missä  $y'_1$  ja  $y_0$  ovat päätöspiirin 7 kvadratuurivaiheiset  
5 ulostulosignaalit. Virhetermiä  $e$  käytetään edellä esitetyllä tavalla lineaarisen korjaimen tappikertoimien laskemiseen ja päivittämiseen.

Kuvion 8 vastaanotin on muutoin samanlainen kuin kuvion 7 vastaanotin, mutta nyt lineaarinen korjain on  
10 analoginen korjain, joka on sijoitettu korjaamaan suoraan vastaanotettua signaalia  $s(t)$  ennen signaalin sekoittamista kantataajuudelle. Signaalien muuttaminen digitaalisesti tapahtuu vasta näytteenottokytkimien 10 ja 11 jälkeen olevilla analogia-digitaalimuuntimilla 12 ja 13.

15 Kuvioissa 3, 4, 5, 7 ja 8 esitetyistä toiminnallisista lohkoista useat voidaan toteuttaa myös ohjelmallisesti mikroprosessilla tai vastaavalla, jolloin esimerkiksi kuvioissa edellisenä esitetyt itseorganisoituva kartta 2, ilmaisins 3 ja päätöksentekopiiri 7 voivat itse asiassa  
20 olla saman prosessorin ohjelman eri osia.

Vastaanottimessa voidaan lisäksi yhdistää kuvioiden 3 ja 4 mukaiset toiminnot siten, että itseorganisoituvan kartan 2 ohjaussignaaliksi voidaan adaptiivisesti tietyn  
25 signaali  $x(n)$  tai korjaimella 1 käsitelty signaali  $y(n)$ . Kartan 2 ohjaus voi esimerkiksi lähetyksen alussa kytketty suoraan vastaanotettavaan signaaliin lineaarisen korjaimen 1 konvergoitumisen helpottamiseksi ja tämän jälkeen käsiteltyyn signaaliin tiedonsiirron loppuajaksi.

## Patenttivaatimukset

1. Diskreettien signaalien vastaanottomenetelmä, joka käsittää vastaanotetun diskreetin signaalin käsittelyn siirtotien aiheuttaman vääristymän korjaamiseksi ennen ilmaisua, t u n n e t t u siitä, että käsitelty diskreetti signaali ilmaistaan itseorganisoituvaan karttaan perustuvalla adaptiivisella ilmaisumenetelmällä ja ennen ilmaisua tapahtuvaa vääristymän korjausta ohjataan käsitellyn signaalin hetkellisen signaalinäytteen ja itseorganisoituvan kartan muodostaman signaalipisteistön välisestä virheestä riippuvaisesti.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen vastaanottomenetelmä, t u n n e t t u siitä, että itseorganisoituvan kartan muodostamaa, ilmaisussa käytettävää signaalipisteistöä korjataan käsittelemättömän vastaanotetun signaalin perusteella.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen vastaanottomenetelmä, t u n n e t t u siitä, että itseorganisoituvan kartan muodostamaa, ilmaisussa käytettävää signaalipisteistöä korjataan käsitellyn vastaanotetun signaalin perusteella.

4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen vastaanottomenetelmä, t u n n e t t u siitä, että itseorganisoituva kartta ja sen muodostama signaalipisteistö ovat moniulotteiset.

5. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen vastaanottomenetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainitulla virheellä ohjataan lineaarisen tai epälineaarisen transversaalikorjaimen tappikerrointen laskentaa gradientimenetelmää tai nollapakotusmenetelmää käyttäen.

6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen vastaanottomenetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainitulla virheellä ohjataan päätöstakaisinkytkettyä korjainta.

7. Vastaanotin, joka käsittää adaptiivisen korjainvälineen (1) vastaanotetun signaalin käsittelemiseksi,

t u n n e t t u siitä, että vastaanotin käsittää itseorganisoituvaa karttaperiaatetta käyttävän adaptiivisen ilmaisinvälineen (2,3), joka on toiminnallisesti kytketty adaptiivisen korjaimen (1) jälkeen, ja että adaptiivinen korjain (1) on ohjattavissa käsitellyn signaalin  $y(n)$  ja ilmaistun signaalin  $y'(n)$  välisestä virheestä riippuvaisesti.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että ilmaisinväline (2,3) on vasteellinen käsittelemättömälle vastaanotetulle signaalille ilmaisussa käytettävän signaalipisteistön korjaamiseksi itseorganisoituvaan karttaan perustuvalla menetelmällä.

9. Patenttivaatimuksen 7 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että ilmaisinväline (2,3) on vasteellinen korjainvälineen käsitettelemälle signaalille ilmaisussa käytettävän signaalipisteistön korjaamiseksi itseorganisoituvaan karttaan perustuvalla menetelmällä.

10. Patenttivaatimuksen 7 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että ilmaisinväline on valittavissa olemaan vasteellinen joko käsitellylle tai käsittelemättömälle vastaanotetulle signaalille ilmaisussa käytettävän signaalipisteistön korjaamiseksi itseorganisoituvaan karttaan perustuvalla menetelmällä.

11. Jonkin patenttivaatimuksista 7 - 10 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että vastaanotettu signaali on QAM-signaali, ja että ilmaisinvälineen itseorganisoituva kartta ja signaalipisteistö ovat moniulotteiset.

12. Jonkin patenttivaatimuksista 7 - 11 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että adaptiivinen korjain käsittää lineaarisen tai epälineaarisen transversaali-korjaimen ja/tai päätöstakaisinkytketyn korjaimen.

13. Jonkin patenttivaatimuksista 7 - 12 mukainen vastaanotin, t u n n e t t u siitä, että se käsittää päätöstakaisinkytketyn korjaimen (14,15).

## Patentkrav

1. Mottagningsförfarande för diskreta signaler, vilket förfarande omfattar behandling av den mottagna diskreta signalen för korrigering av en av transmissionsbanan föranledd förvrängning innan detekteringen, k ä n n e t e c k n a t därav, att den behandlade diskreta signalen detekteras med ett adaptivt detekteringsförfarande som baserar sig på en självorganiserande karta, och korrigeringen, som sker innan detekteringen, styrs beroende av ett fel mellan ett momentant signalsampel av den behandlade signalen och ett signalpunktsystem som den självorganiserade kartan bildar.

2. Mottagningsförfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att signalpunktsystemet som används vid detekteringen och som bildas av den självorganiserande kartan korrigeras på basis av en obehandlad mottagen signal.

3. Mottagningsförfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att signalpunktsystemet som används vid detekteringen och som bildas av den självorganiserande kartan korrigeras på basis av en behandlad mottagen signal.

4. Mottagningsförfarande enligt patentkravet 1, 2 eller 3, k ä n n e t e c k n a t därav, att den självorganiserande kartan och signalpunktsystemet som den bildar är flerdimensionella.

5. Mottagningsförfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att med nämnda fel styrs räkningen av tappkoefficienter hos en lineär eller olineär transversalkorrigerare med hjälp av ett gradientförfarande eller ett nolltvångsförfarande.

6. Mottagningsförfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att med nämnda fel styrs en beslutsåterkopplad korrigerare.



7. Mottagare som omfattar ett adaptivt korrigeringsorgan (1) för behandling av en mottagen signal, k ä n n e t e c k n a d därav, att mottagaren omfattar ett adaptivt detektororgan (2,3) som fungerar enligt självorganiserande kartprincip, vilket detektororgan är funktionellt kopplat efter den adaptiva korrigeringen (1), och att den adaptiva korrigeringen (1) är styrbar beroende av felet mellan den behandlade signalen  $y(n)$  och den detekterade signalen  $y'(n)$ .

8. Mottagare enligt patentkravet 7, k ä n n e t e c k n a d därav, att detektororganet (2,3) är påverkbart såsom gensvar på en obehandlad mottagen signal för korrigering av signalpunktsystemet som används vid detekteringen medelst det på den självorganiserande kartan baserande förfarandet.

9. Mottagare enligt patentkravet 7, k ä n n e t e c k n a d därav, att detektororganet (2,3) är påverkbart såsom gensvar på en signal som korrigeringsorganet behandlat för korringering av signalpunktsystemet som används vid detekteringen medelst det på den självorganiserande kartan baserande förfarandet.

10. Mottagare enligt patentkravet 7, k ä n n e t e c k n a d därav, att detektororganet kan väljas vara påverkbar såsom gensvar på antingen en behandlad eller en obehandlad mottagen signal för korrigering av signalpunktsystemet som används vid detekteringen medelst det på den självorganiserande kartan baserande förfarandet.

11. Mottagare enligt något av patentkraven 7 - 10, k ä n n e t e c k n a d därav, att den mottagna signalen är en QAM-signal och att detektororganets självorganiserande karta och signalpunktsystemet är flerdimensionella.

12. Mottagare enligt något av patentkraven 7 - 11, k ä n n e t e c k n a d därav, att den adaptiva korrigeringen omfattar en lineär eller en olineär transversalkorrigerare och/eller en beslutsåterkopplad korrigeringare.

13. Mottagare enligt något av patentkraven 7 - 12,  
k ä n n e t e c k n a d därav, att den omfattar en  
beslutsåterkopplad korrigering (14,15).

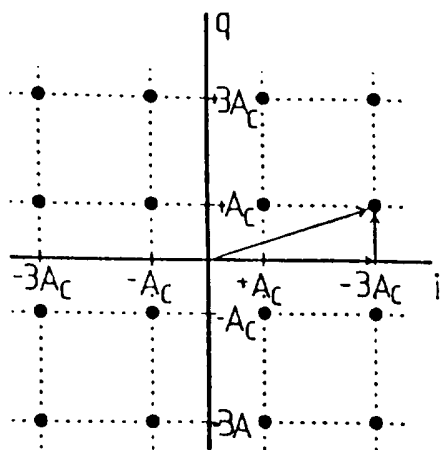


FIG. 1A

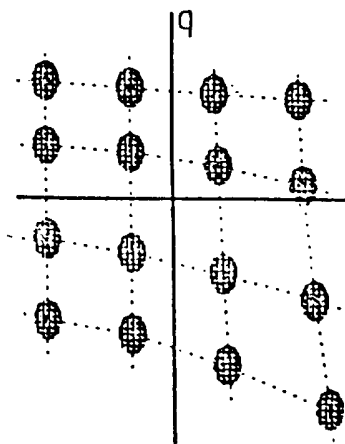


FIG. 1B

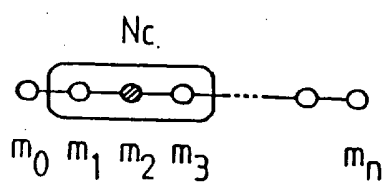


FIG. 2A

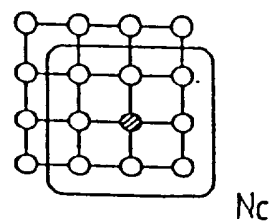


FIG. 2B

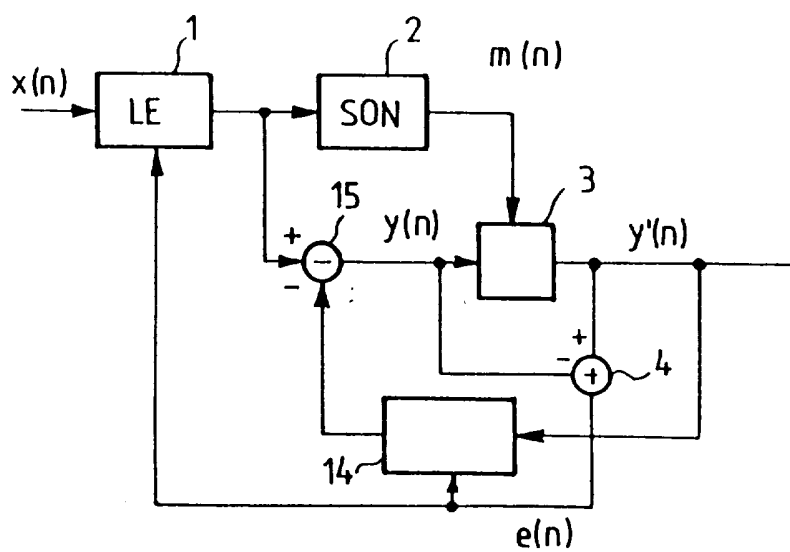


FIG. 5

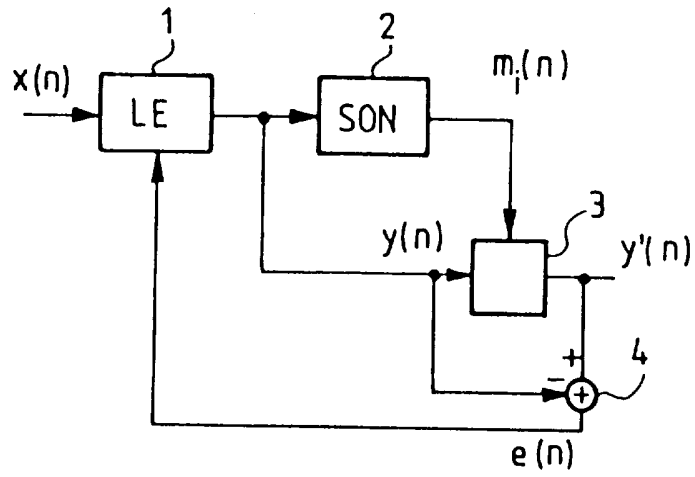


FIG. 3

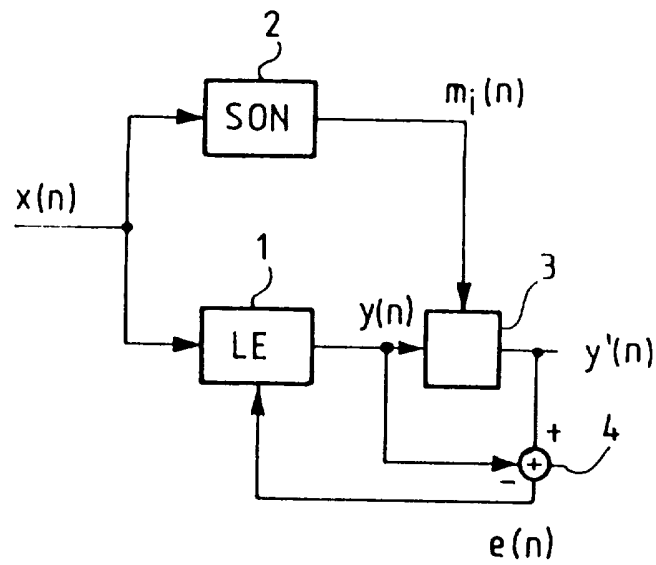


FIG. 4

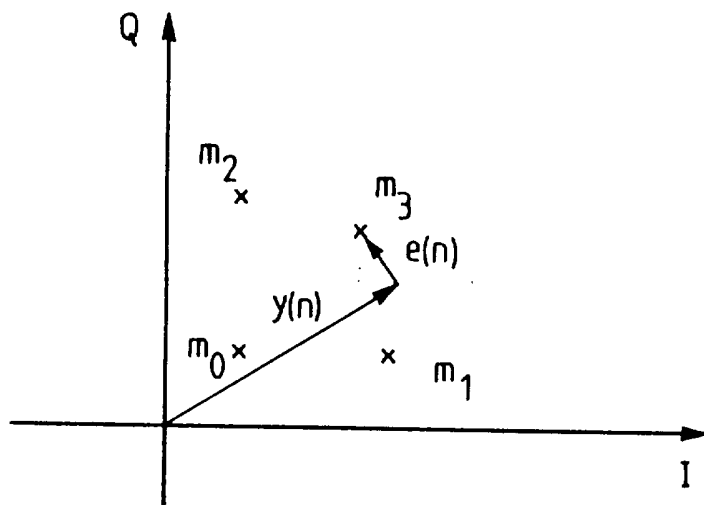


FIG. 6

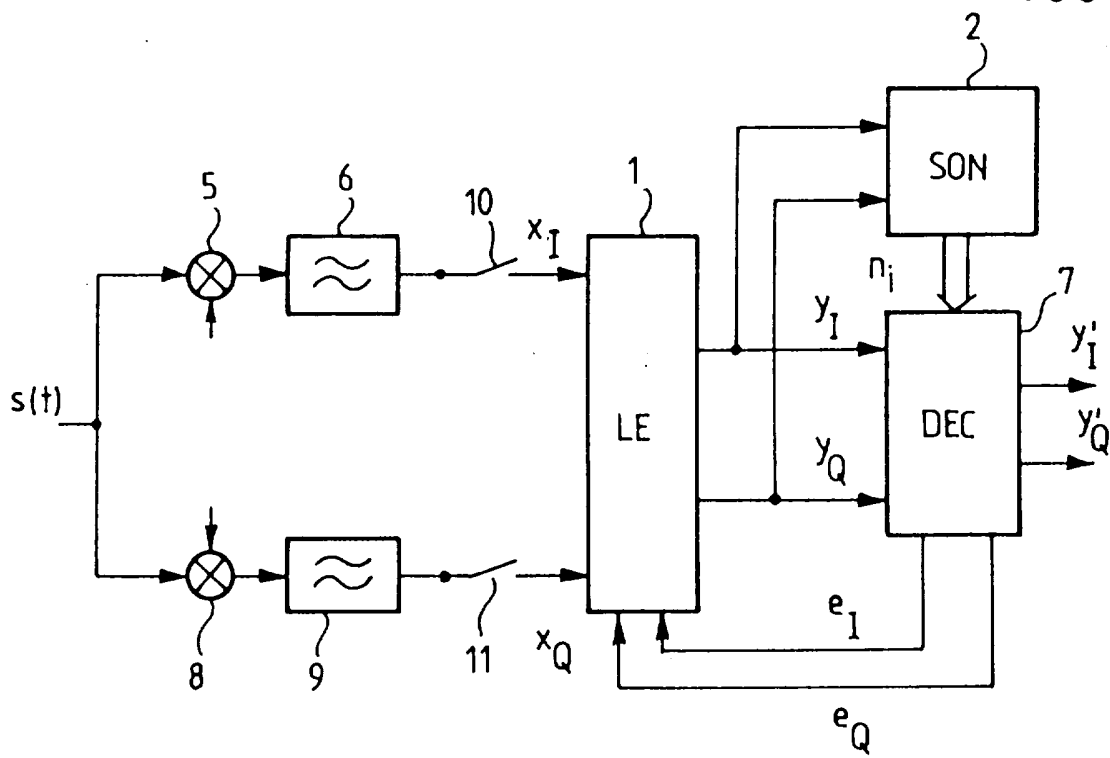


FIG. 7

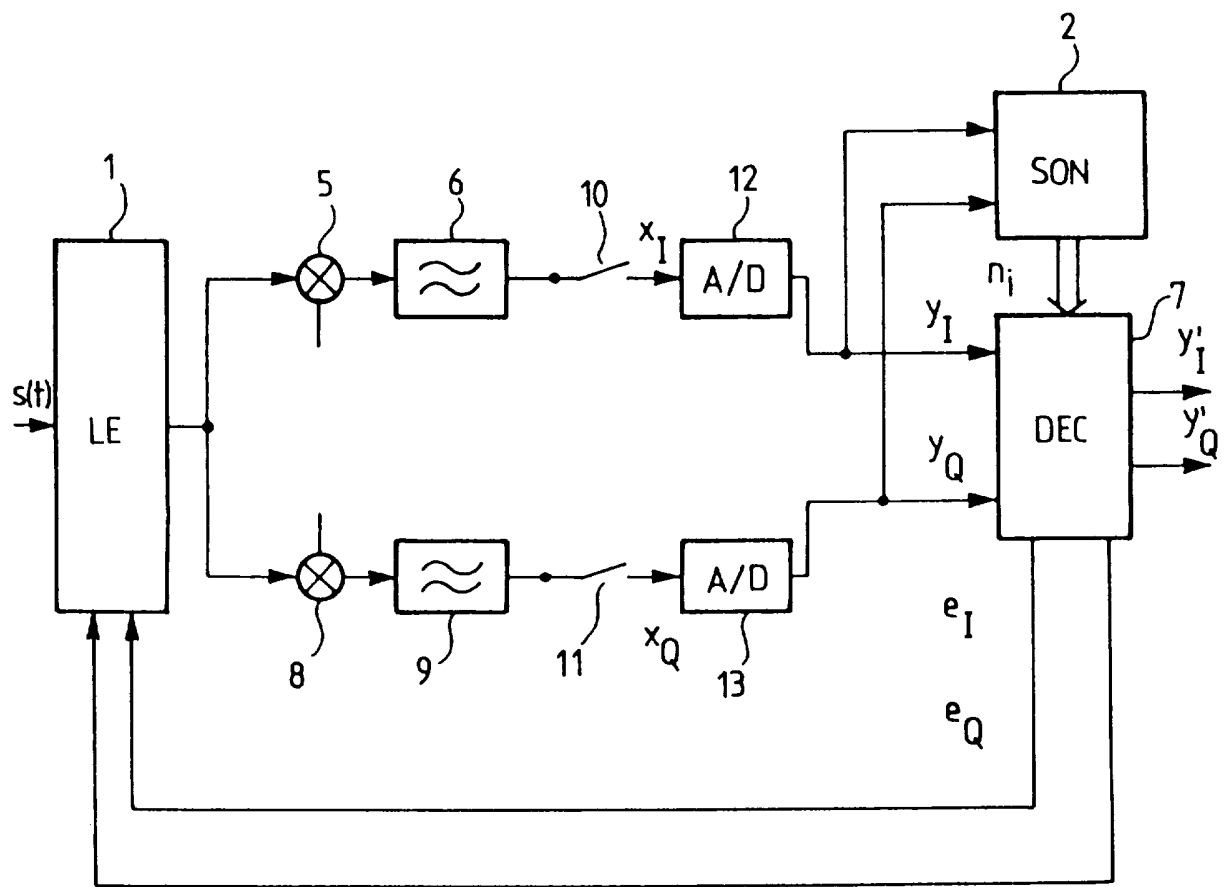


FIG. 8