

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

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

(10) **FI 935155 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **935155**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
H04B 7/08
H04B 1/12

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **25.01.1993**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **19.11.1993**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **19.11.1993**

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

(86) Kansainvälinen hakemus - **25.01.1993 PCT/US1993/000635**
Internationell ansökan - International
application

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

19.03.1992 US 854511

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Motorola Inc., Delaware, 1303 East Algonquin Road, Schaumburg, IL 60196, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Rasky, Phillip D., Buffalo Grove, IL 60089, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

2 • Chiasson, Gregory M., Schaumburg, IL 60173, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Seppo Laine Oy, PL 339, 00181 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Menetelmä ja laite signaalin painotusparametrien estimoimiseksi toiste vastaanottimessa

Förfarande och anordning för estimering av signalvägningsparametrar i en diversitetsmottagare

Menetelmä ja laite signaalin painotusparametrien estimoinniseksi toistevastaanottimessa

5 Viittaamme tässä US-patenttihakemukseen n:o (kirjausnumero CE02253R), "Method and Apparatus for Estimating Signal Weighting Parameters in a Receiver", jätetty Chiassonin ym. puolesta tämän patenttihakemuksen kanssa samana päivänä ja sisältää tähän liittyvää aineistoa ja on siirretty esillä olevan keksinnön haltijalle.

10 Tämä keksintö liittyy yleisesti signaaliparametrien estimointiin vastaanottimessa ja erityisesti signaaliparametrien estimointiin vastaanottimessa, jota käytetään toisteyhdistämisen suorittamiseksi.

15 Toisteyhdistämistä käytetään laajalti digitaalisessa viestinnässä johtuen suorituskyskyparannuksista, jotka saadaan kahden tai useamman erikseen häipyneen vastaanotinhaaran yhdistämisen tuloksena. Koko saatavissa olevan parannuksen toteuttamiseksi toistehaarat täytyy tarkasti painottaa ja yhdistää. Tämän aikaansaamiseksi toistevastaanottimella
20 täytyy olla käytettävissä tarkka informaatio kanavasta tai lähetetystä signaalista. Koska kanavan rakenne kuitenkin tyypillisesti on tuntematon, niin vastaanottimen täytyy
25 estimoida kanavan parametrit, jotka tarvitaan koko käytettävissä olevan parannuksen toteuttamiseksi.

M-kanavaisella toistevastaanottimella mielivaltaisella binaarisella viestintäkanavalla, jolla kanavan vahvistus
30 ja kohinan varianssi ovat ajasta riippuvat, kanava voidaan mallintaa seuraavasti:

$$r_m = p_n x_n + n_m, \quad m \in 1 \dots M$$

jossa r_m on vastaanotettu signaalivektori, p_m on kanavan (diagonaalinen) vahvistusmatriisi, x_m on lähetetty signaalivektori, n_m on kohinavektori ja m merkitsee toistehaaraa. Yleisin lineaarinen yhdistin voidaan mallintaa kaavalla

5

$$r = \sum_{m=1}^M \alpha_m r_m$$

10 jossa α_m merkitsee toistepainotuskerrointa eli -parametria haaralla m .

Voidaan osoittaa, että määriteltäessä virhesignaali $e_{em}(k) = r_m(k) - x_m(k)$, $\alpha_m(k)$:n yksittäiset komponentit voidaan
15 laskea seuraavasti

$$p_m(k) = \frac{\sigma_{rm}^2(k) - \sigma_{em}^2(k) + c}{2c}$$

20

ja

$$\sigma_{nm}^2(k) = \sigma_{rm}^2(k) - cp_m^2(k)$$

25 Kuten nämä yhtälöt osoittavat, näiden estimaattien pätevyys on suorassa suhteessa $\sigma_{rm}^2(k)$:n ja $\sigma_{em}^2(k)$:n tarkkuuteen. Termi $\sigma_{rm}^2(k)$ liittyy yksinkertaisesti vastaanotetun signaalin tehoon, kun taas $\sigma_{em}^2(k)$ ei ole yhtä helposti saatavissa, koska lähetetty sekvenssi $x_m(k)$ ei ole vastaanottimessa
30 käytettävissä. Nykyiset tekniikat yrittävät kiertää tämän ongelman olettamalla, että tietyllä symbolilla k signaalin vastaanotetussa sekvenssissä virhesignaali on vastaanotetun signaalin ja pistekuvion lähimmän pisteen (CCP, closest constellation point) erotus. Vaikka tämä tekniikka on
35 riittävä, mikäli CCP vastaa lähetettyä signaalia, niin

tapauksissa joissa se ei vastaa (ts. kanavan aiheutettua virheen), $\sigma_{em}^2(k)$:n estimaatti voi olla erittäin epätarkka ja siten $\alpha_m(k)$ voi olla erittäin epätarkka.

5 On siis olemassa sellaisen uuden menetelmän ja laitteen
tarve toistepainotuskertoimen $\alpha_m(k)$ laskemiseksi, joka
aikaansaa tarkkuuden merkittävän suurenemisen käyttämällä
täysin hyväksi toistevastaanottimessa käytettävissä olevaa
informaatiota.

10 Viestintäjärjestelmässä on toistevastaanotin, jossa on
ainakin ensimmäinen ja toinen haara, jotka vastaanottavat
ainakin signaalin ensimmäisen ja toisen toisinnon. Toiste-
vastaanotin kehittää sekä ensimmäisessä että toisessa haa-
15 rassa ainakin ensimmäisen toistepainotusparametrin, joka
liittyy sanottuihin ainakin ensimmäiseen ja toiseen toi-
sintoon, ja muuntaa sekä ensimmäisen että toisen toisinnon
sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa kehitetyn vas-
taavan ainakin ensimmäisen toistepainotusparametrin avul-
20 la. Sen jälkeen toistevastaanotin yhdistää muunnetun en-
simmäisen ja toisen toisinnon ensimmäisen korjatun signaa-
lin tuottamiseksi, korjaa ensimmäisen yhdistetyn signaalin
ainakin toisen korjatun signaalin tuottamiseksi ja kehit-
tää sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa ainakin toi-
25 sen sanottuun signaaliin liittyvän toistepainotusparamet-
rin käyttäen vastaavaa sekä ensimmäistä että toista kor-
jattua signaalia.

30 Kuvio 1 esittää yleisesti lohkokaaviomuodossa yksihaarais-
ta vastaanotinta, jossa on toteutettu parametrien esti-
mointi.

Kuvio 2 esittää yleisesti I-Q-pistekuviota, jota voidaan
käyttää esittämään signaalia demoduloinnin jälkeen.

Kuvio 3 esittää yleisesti toistevastaanotinta, jossa on toteutettu tämän keksinnön mukainen parannettu parametrien estimointi.

- 5 Kuvio 4 esittää kuviossa 3 esitetyn piirin parhaana pidettyä suoritusmuotoa.

Kuvio 5 esittää kuviossa 3 esitetyn korjauspiirin erästä vaihtoehtoista suoritusmuotoa.

10

Kuvio 6 esittää yleisesti erästä parannetun parametrien estimoinnin suoritusmuotoa, joka on toteutettu tämän keksinnön mukaisessa viestintäjärjestelmässä.

- 15 Kuvio 7 esittää yleisesti erästä toista parannetun parametrien estimoinnin suoritusmuotoa, joka on toteutettu tämän keksinnön mukaisessa viestintäjärjestelmässä.

- 20 Kuvio 8 esittää yleisesti kertoimien estimointipiirin erästä vaihtoehtoista suoritusmuotoa, joka käyttää täysin tunnettua tai osittain tunnettua dataa ja tuntematonta dataa tämän keksinnön mukaisessa parannetussa toistepainotusparametrien estimoinnissa.

- 25 Kuvio 1 esittää yleisesti lohkokaaviomuodossa yksihaarais-
ta vastaanotinta, jossa on toteutettu parametrien esti-
mointi. Kuvion 1 esittämisen tarkoituksena on antaa taustatietoja siitä, miten parametrien estimointi suoritetaan yksihaaraisessa vastaanottimessa. A:lla kuviossa 1 merkit-
30 tyjä yhdysjohtoja käytetään ainoastaan alkuiteroinnissa. Vastaanotin 100 vastaanottaa lähettimen (ei esitetty) lähettämän signaalin 101. Signaali 101 on koodattu signaali, missä parhaana pidetyssä suoritusmuodossa koodaus käsittää lomitteluprosessin. Signaali 101 vastaanotetaan
35 antennilla 103 ja syötetään päätöspiiriin 106. Päätöspiiri

106 muuntaa vastaanotetun signaalin vastaanotetuksi koodatuksi vektoriksi 102, joka edustaa signaalia 101 vektorimuodossa. Päätöspiiri 106 käsittää kaiken tarpeellisen demodulointilaitteiston ja suorittaa myös ehdottoman päätöksenteon tai ehdollisen päätöksenteon.

Kuvio 2 esittää yleisesti I-Q-pistekuviota, jota voidaan käyttää esittämään signaalia 101 demoduloinnin jälkeen. Parhaana pidetyssä suoritustyyppimuodossa kuviossa 2 esitetty pistekuvio liittyy kvaternaarisella vaiheensiirtoavainnuksella (QPSK, quaternary phase-shift keying) tai kvaternaarisella amplitudimoduloinnilla (QAM, quaternary amplitude modulation) moduloituun signaaliin 101. Vaihtoehtoiset suoritustyyppimuodot voivat kuitenkin käyttää muita demodulointityyppejä, jollaisia ovat muun muassa BPSK, 8PSK, 16QAM. Kuten kuviossa 2 on esitetty, I-Q-pistekuvio käsittää neljä pistekuvion pistettä 200-203, jotka edustavat neljää mahdollista ehdotonta päätöstä, jotka päätöspiiri 106 voi antaa, jos käytetään ehdotonta päätöksentekoa. Kuviossa 2 on esitetty myös lähetetty signaali 101, ja sitä esittää vektori 206 vektorimuodossa. Vektori 206 edustaa ideaalista lähetystä sekä lähetystä, jonka vastaanotin 100 vastaanottaisi ideaalitulanteissa. Johtuen kuitenkin vastaavan kanavan aiheuttamista virheistä tyypillinen vastaanottimen 100 vastaanottama vektori r on vektori 208. Vektori 208 edustaa sitä, minkä vastaanotin 100 on vastaanottanut ja mitä se siten luulee oikeaksi. Ilmeisestikin jos vektori 206 edustaa lähetettyä signaalia ja jos vektori 208 edustaa vastaanottimen 100 vastaanottamaa signaalia (ts. sitä signaalia, jota se luulee lähetetyksi), niin sekä etenemistie että vastaanotin 100 aiheuttavat huomattavan virheen.

Palautetaan mieleen että M -kanavainen toistevastaanotin mielivaltaisella binaarisella viestintäkanavalla, jolla

kanavan vahvistus ja kohinan varianssi ovat ajasta riippuvat, voidaan mallintaa seuraavasti:

$$r_m = p_m x_s + n_m, \quad m \in 1 \dots M \quad (1)$$

5

jossa r_m on vastaanotettu signaalivektori, p_m on kanavan (diagonaalinen) vahvistusmatriisi, x_s on lähetetty signaalivektori, n_m on kohinavektori ja m merkitsee toistehaaraa. Yleisin lineaarinen yhdistin voidaan mallintaa kaavalla

10

$$r = \sum_{m=1}^M \alpha_m r_m \quad (2)$$

15 jossa α_m merkitsee toistepainotuskerrointa eli -parametria haaralla m . Tarkastellaan ensin maksimisuhdeyhdistintä (max-ratio combiner) – sellaista, joka pyrkii maksimoimaan yhdistetyn signaalin signaalikohinasuhteen. Oletettaessa että x_s :n kukin elementti eli symboli k , jota merkitään
 20 $x_s(k)$, on riippumaton identtisesti jakautunut (i.i.d., independent identically distributed) binaarinen satunnaismuuttuja, joka saa arvot $\pm\sqrt{c}$ yhtä suurella todennäköisyydellä, missä c on vakio, ja että kohinavektorin n_m kukin alkio on riippumaton Gaussin satunnaismuuttuja, jonka
 25 mediaani on nolla ja varianssi $\sigma_{nm}^2(k)$, voidaan osoittaa, että optimaalinen painotuskerroin tällä vastaanottimella on

30

$$\alpha_m(k) = \frac{p_m(k)}{\sigma_{nm}^2(k)} \quad (3)$$

Vaihtoehtoisissa suoritusmuodoissa voidaan käyttää muita menetelmiä kanavan vahvistuksen $p_m(k)$ ja kohinan varianssin
 35 $\sigma_{nm}^2(k)$ yhdistämiseksi toistepainotusparametrin $\alpha_m(k)$ muodos-

tamiseksi. Voidaan käyttää myös muita parametreja kuin kanavan vahvistusta $p_m(k)$ ja kohinan varianssia $\sigma_{nm}^2(k)$ toistepainotusparametrin $\alpha_m(k)$ laskemiseksi.

- 5 Kun maksimisuhteystehdistin pyrkii antamaan signaalin, joka on muodostettu tulohaarojen painotetulla summauksella, niin valintayhdistin taas pyrkii vain antamaan optimihaaran ulostulon. Tässä tapauksessa kaikki kertoimet ovat nollija valitun haaran kertoimia lukuunottamatta. Kun muis-
- 10 tetaan, että edellä esitetyin oletuksin yksihaarainen maksimitodennäköisyysdekooderi etsii sen $s:n$ arvon, joka maksimoi lausekkeen

$$15 \quad \sum_k \frac{p_o(k)}{\sigma_n^2(k)} r(k)x_s(k) \quad (4)$$

- niin on ilmeistä, että valintayhdistäminen voidaan suorittaa valitsemalla se haara, jolla $\alpha_m(k)r(k)$ on suurin. Valintayhdistämisen yksityiskohtainen tarkastelu on löydet-
- 20 tävissä teoksesta M. Schwartz, W. R. Bennett ja S. Stein, *Communication Systems and Techniques*, New York, McGraw-Hill, 1966, sivuilta 432-442. Kummallakin yhdistämistekniikalla toistepainotuskertoimet voidaan laskea samalla
- 25 tavalla.

- Voidaan jälleen osoittaa, että määrittämällä virhesignaali $e_{sm}(k) = r_m(k) - x_s(k)$, $\alpha_m(k):n$ yksittäiset komponentit voidaan laskea seuraavasti

$$30 \quad p_m(k) = \frac{\sigma_{rm}^2(k) - \sigma_{em}^2(k) + c}{2c} \quad (5)$$

$$\sigma_{nm}^2(k) = \sigma_{rm}^2(k) - cp_m^2(k) \quad (6)$$

5 Odotusarvojen laskenta suoritetaan lukuisien bittien yli, joilla kanavan vahvistus- ja kohinan varianssiparametrit eivät mainittavasti muutu.

Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa viestintäjärjestelmä on hidasta taajuushyppelyä (SFH, slow frequency hopping) käyttävä koodijakokanavoitu (CDMA, code-division multiple
10 access) viestintäjärjestelmä, jossa niiden bittien määrä, joilla kanavan vahvistus- ja kohinan varianssiparametrit eivät muutu mainittavasti, vastaa yhden taajuushyppyn jaksoa. Taustatietoja taajuushyppelystä viestintäjärjestelmässä on löydettävissä George Calhounin kirjasta *Digital
15 Cellular Radio*, U.S.A., 1988, sivuilta 344-351. Vaihtoehtoisissa suoritusmuodoissa viestintäjärjestelmä voi muun muassa olla jatkuvaa dataa käyttävä viestintäjärjestelmä tai aikajakokanavoitu (TDMA, time-division multiple access) viestintäjärjestelmä. Erityisesti TDMA-viestintäjärjestelmissä se bittien lukumäärä, jolla kanavan vahvistus- ja kohinan varianssiparametrit eivät muutu mainittavasti, voi vastata koko aikavälin jaksoa lyhyen aikavälin järjestelmissä. Eräs tällainen järjestelmä on yleiseurooppalainen digitaalinen solukkojärjestelmä Groupe Special Mobile
20 (GSM). Muissa TDMA-järjestelmissä, joiden aikavälit ovat pitemmät, esimerkiksi Yhdysvalloissa käytettävässä digitaalissa solukkojärjestelmässä (USDC, United States Digital Cellular System), voidaan käyttää "ikkunointitekniikkaa" parametrien vaihtelun minimoimiseksi odotusjakson
25 aikana tarpeen mukaan. Useisiin yleisiin ikkunointitekniikkoihin kuuluvat muun muassa suorakulmainen ikkunointi ja eksponentiaalista vaimennusta käyttävä ikkunointi.

Muistettakoon että virhesignaalin antaa $e_s(k)$ ja että
35 ideaalisen lähetetyn signaalin $x_s(k)$ antaa kuvion 2 vektori

206. Jos kanava on vakavasti vääristynyt, niin vastaan-
 otettu signaali $r(k)$ voisi olla vektori 208. Vastaanotti-
 met tyypillisesti olettavat, että tietyllä symbolilla k
 datasekvenssissä virhesignaali on vastaanotetun signaalin
 5 ja pistekuvion lähimmän pisteen (CCP) erotus. Siten kuvion
 2 mukaan, jos vastaanotettu signaali $r(k)$ on vektori 208,
 tyypillisen vastaanottimen virhesignaalin estimaatti olisi
 Δ_2 , koska se on lähinnä pistekuvion pistettä 203. Se piste-
 kuvion piste, jota tulee käyttää, koska se vastaa ideaa-
 10 lista lähetettyä vektoria 206, on kuitenkin pistekuvion
 piste 201. Näin ollen todellinen virhe vastaanottimessa on
 Δ_1 eikä Δ_2 . Tämän tyyppinen eroavuus sen virheen, jonka
 vastaanotin luulee näkevänsä, ja sen virheen välillä, joka
 sen pitäisi nähdä, on se mitä esillä oleva keksintö pyrkii
 15 parantamaan.

Tarkastellaan nyt uudelleen kuviota 1. Ulostulo päätöspii-
 ristä 106 on vastaanotettu koodattu vektori 102, joka voi
 olla painotettu (esimerkiksi ehdollisella CCP-päätöksen-
 20 teolla) tai se voi olla painottamaton (ehdoton päätöksen-
 teko). Vastaanotettu koodattu vektori 102 syötetään deko-
 deriin 108, joka parhaana pidetyssä suoritusmuodossa kä-
 sittää lomittelun poiston ja Viterbi-dekoodauksen. Vaih-
 toehtoiset suoritusmuodot voivat käsittää monentyyppisiä
 25 virheenkorjauskoodoja ja vastaavia dekodereita. Tarkas-
 tellaan jälleen kuviota 2. Olettaen, että vektori 206 on
 todellisuudessa lähetetty ja että vektori 208 edustaa vas-
 taanottimen 100 lähetetyksi luulemaa, virhettä vastaan-
 ottimessa edustaa Δ_2 . Jos tätä virhesignaalia käytettäisiin
 30 virhesignaalin varianssin laskemiseksi myöhempää käyttöä
 varten laskettaessa toistepainotusparametria $\alpha(k)$, niin
 signaalin 101 painotus vastaanottimessa 100 olisi suuresti
 epätarkka. Palataan tarkastelemaan kuviota 1. Ulostulo
 35 dekodderista 108 on dekodattu vastaanotettu vektori 109,
 jolla dekodderissa 108 virheenkorjauskoodauksen ansiosta

- on vähemmän virheitä kuin vastaanotetussa koodatussa vektorissa 102. Dekoodattu vastaanotettu vektori 109, joka alkuiteroinnin jälkeen on ensimmäinen dekodattu vastaanotettu vektori, koodataan tämän jälkeen uudelleen tämän keksinnön mukaan. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa jälkikooderi 110 koodaa ensimmäisen dekodatun vastaanotetun vektorin uudelleen käyttäen samanlaista tekniikkaa kuin lähetin (ei esitetty).
- 10 Ulostulo jälkikooderista 110 on muunnettu vastaanotettu vektori 111, joka tämän ensimmäisen iteroinnin jälkeen on ensimmäinen muunnettu vastaanotettu vektori. Muunnettu vastaanotettu vektori 111 on signaalin 101 parempi estimaatti kuin vastaanotettu koodattu vektori 102. Muunnettu
- 15 vastaanotettu vektori 111 menee ehdolliseen päätöslohkoon 107, jossa lasketaan signaalin toistepainotusparametri $\alpha(k)$ muunnettua vastaanotettua vektoria 111 käyttäen. Koska, tässä kohdassa, muunnettu vastaanotettu vektori 111 sisältää informaation signaalista 101, niin vastaanotin
- 20 100 voi ratkaista, oliko aluksi käytetty CCP-tekniikka oikea. Kuviossa 2 esitetyssä esimerkissä vastaanotin 100 ratkaisee, että käytetty CCP-tekniikka antoi väärän tuloksen. Vastaanotin 100 korjaa tämän käyttäen nyt pistekuvion pistettä 201 toistepainotusparametrin $\alpha(k)$ laskemiseksi
- 25 antaen siten lähetetyn signaalin $x_s(k)$ tarkemman estimaatin, jota edustaa vektori 206. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa toistepainotusparametri $\alpha(k)$ on ehdollisen päätöksen antama painotusparametri, jota käytetään signaalin 101 tallennetun toisinnon painottamiseksi tai muunta-
- 30 miseksi edelleen. Tänä ajanhetkenä uudelleen laskettu toistepainotusparametri edustaa toista toistepainotusparametria. Toisen toistepainotusparametrin laskeminen suoritetaan ehdollisessa päätöslohkossa 107 käyttäen muunnettua vastaanotettua vektoria 111, missä sitä käytetään signaalin 101 puskurista 105 luetun tallennetun toisteen muunta-
- 35

miseksi. Muunnettu tallennettu toiste dekodataan tämän jälkeen, ja tulokseksi saadaan tässä kohdassa toinen dekodattu vastaanotettu vektori. Jälkikooderin 110 ja kertoimien estimointilohkon 107 käsittävän ensimmäisen iteroinnin ansiosta toisessa dekodatussa vastaanotetussa vektorissa on vähemmän virheitä kuin ensimmäisessä dekodatussa vastaanotetussa vektorissa 109, koska ensimmäinen iterointi salli vastaanottimen 100 oppia informaatiota signaalista 101 ja erityisesti oppia signaaliin 101 sisältyvän datan. Iteroimalla tällä tavoin vastaanotin 100 pysyy muodostamaan paremman estimaatin siitä, millaiselta signaali 101 näytti, ja voi siten muodostaa signaalin 101 vastaanottimessa 100 uudelleen tarkemmin.

Jälkikooderin 110 ja kertoimien estimointilohkon 107 käsittävä ensimmäinen iterointi ilmeisestikin auttaa vastaanotinta 100 oppimaan enemmän signaalista 101. Vaikka se voi olla riittävä, vastaanotin 100 ei kuitenkaan ole rajoitettu vain yhteen iterointiin. Itse asiassa joka kerta, kun vastaanotin 100 käy läpi iteraation, se korjaa yhä enemmän sekä etenemistien että vastaanottimen 100 signaalin 101 suhteen aiheuttamia virheitä. Jollakin määrällä iteraatioita niiden virheiden lukumäärä, jotka dekoderi 108 pystyy korjaamaan, pienenee ja saavuttaa lopulta pienenevän palautteen kohdan, koska vastaanotin 100 saavuttaa sellaisen kohdan, jossa vastaanottimen 100 ei ole enää mahdollista korjata virheitä signaalin 101 suhteen. Vastaanottimen 100 läpikäymien iteraatioiden lukumäärä riippuu vastaanottimen 100 suorituskykyvaatimuksista.

Eräässä vaihtoehtoisessa suoritusmuodossa vastaanottimella 100 voisi olla rajoitettu määrä tietämystä signaalista 101, erityisesti signaaliin 101 sisältyvästä datasta. Signaali 101 voisi olla esimerkiksi aikajakokanavoidun (TDMA) viestintäjärjestelmän purskesignaali, jossa on täysin tun-

nettu määrä informaatiota. Tämä informaatio voi käsittää jatkuvia sekvenssejä kuten johdannon (preamble), keskijohdannon (midamble) tai jälkijohdannon (postamble), mutta ei ole rajoittunut tähän. Tässä skenaariossa vastaanotin 100
5 käyttäisi sanottua täysin tunnettua määrää informaatiota x_n :n estimaattina virhesignaalin määrittämisessä ja parantaisi näin ollen toistepainotusparametrin tarkkuutta. Vastaanotin 100 käyttäisi sanottua täysin tunnettua määrää informaatiota vastaavan $x_n(k)$ -sekvenssin tilalla näillä
10 biteillä. Tämä tuottaisi tulokseksi täysin tarkat toistepainotusparametrit näiden bittien osalta. Tämä informaatio voitaisiin yhdistää tuntemattomista databiteistä johdettuihin toistepainotusparametreihin käyttäen edellä tarkasteltuja CCP-tekniikoita sellaisen toistepainotusparametrin
15 muodostamiseksi, jota käytettäisiin signaalin 101 skaalaukseksi ensimmäisessä dekodausiteraatioissa. Myöhemmissä iteraatioissa tunnetuista databiteistä johdettu toistepainotusparametri voitaisiin yhdistää tuntemattomista databiteistä johdettuihin painotusparametreihin käyttäen edellä
20 tarkasteltua uudelleenkodeustekniikkaa.

Eräässä toisessa suoritusmuodossa signaali 101 voisi olla sellainen signaali, jossa on osittain tunnettu määrä informaatiota, esimerkiksi muun muassa digitaalinen puheväri-
25 koodi (DVCC, digital voice color code) -sekvenssi. Tässä skenaariossa toistepainotusparametri ei voi olla yhtä tarkka, koska vastaanotin ei eksplisiittisesti tunne vastaavaa $x_n(k)$ -sekvenssiä; se yksinkertaisesti tietää, että nämä symbolit kuuluvat tiettyyn osajoukkoon. Näin ollen
30 toistepainotusparametrit laskettaisiin muunnetulla tekniikalla, jossa virhesignaali ja siten toistepainotusparametri laskettaisiin edellä kuvatulla tavalla tuntemattomilla databiteillä, kun taas osittain tunnetuilla biteillä virhetermi ja siten toistepainotusparametri laskettaisiin
35 vain sallittujen arvojen joukossa olevia pistekuvion pis-

teitä käyttäen. Nämä kaksi painotusparametria yhdistettäisiin sitten sen toistepainotusparametrin muodostamiseksi, jota käytettäisiin signaalin 101 skaalaamiseksi.

- 5 Kuvio 3 esittää yleisesti toistepainotusparametrien estimoinnin toteutusta tämän keksinnön mukaisessa toistevastaa-
- 10 vastaanottimessa 300. Kuten esitetty, toistevastaanotin 300 käsittää samanlaisia komponentteja kuin kuviossa 1 esitetty. Esimerkiksi puskurit 304, 305 ovat samanlaiset kuin
- 15 puskuri 105, päätöspiirit 307, 308 ovat samanlaiset kuin päätöspiiri 106, ja antennit 301, 302 ovat samanlaiset kuin antenni 103. Myös näiden samanlaisten komponenttien toiminta on samanlainen. Signaali, esimerkiksi sellainen
- 20 signaali kuin kuvion 1 signaali 101 (ei esitetty kuviossa 3), on edennyt jonkin ympäristön kautta saapuessaan antenneihin 301, 302. Tässä kohdassa antennit 301, 302 eivät vastaanota signaalin 101 yhteistä toisintoa, vaan vastaanottavat signaalin 101 eri toisinnot. Vastaavat toisinnot menevät päätöspiiriin 307, 308, jotka kumpikin kehittävät
- 25 ainakin ensimmäisen toistepainotusparametrin, joka liittyy ainakin sanottuihin ensimmäiseen ja toiseen toisintoon. Sen jälkeen päätöspiiri 307, 308 muuntaa sekä ensimmäistä että toista signaalin toisintoa niiden vastaavien ensimmäisten toistepainotusparametrien avulla, jotka on kehitetty toistevastaanottimen 300 kummassakin haarassa. Päätöspiirin 307, 308 ulostulo menee toisteyhdistimeen 315,
- 30 jossa nämä ulostulot yhdistetään ensimmäisen yhdistetyn signaalin 316 tuottamiseksi. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa toisteyhdistin 315 on maksimisuhde-toisteyhdistin. Vaihtoehtoisissa suoritusmuodoissa toisteyhdistin 315 voi olla valintatoisteyhdistin. Ensimmäinen yhdistetty signaali 316 menee korjauspiiriin 317, jonka ulostulona on ainakin ensimmäinen korjattu signaali 313 ja jolla on myös lähtölinja, joka on kytketty muihin signaalinkäsittelyeli-
- 35 miin. Ensimmäinen korjattu signaali 313 menee kertoimien

estimointilohkoihin 310, 311 kuten myös signaalin 101 ensimmäinen ja toinen tallennettu toiste. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa signaali 101 on koodattu myötäsuuntaisella virheenkorjauskoodauksella lähettimessä, josta se
5 on lähetetty.

Kertoimien estimointilohkot 310, 311 muuntavat koodatun signaalin ensimmäistä ja toista toisintoa toisen kehitetyn toistepainotusparametrin avulla, joka on kehitetty sekä
10 ensimmäisessä että toisessa haarassa. Kertoimien estimointilohkojen 310, 311 ulostuloina ovat koodatun signaalin ensimmäinen ja toinen uudelleen painotettu toisinto, jotka sen jälkeen yhdistetään toisteyhdistimessä 315 toisen yhdistetyn signaalin tuottamiseksi. Tässä kohdassa toinen
15 yhdistetty signaali edustaa signaalia, joka on samanlainen kuin ensimmäinen yhdistetty signaali 316 mutta jolla on tarkempi painotus johtuen signaalin iteroinnista silmukassa, joka käsittää korjauspiirin 317 ja kertoimien estimointilohkot 310, 311. Tässä kohdassa korjauspiiri 317 voi
20 vielä käsitellä toista yhdistettyä signaalia ja tuottaa lopulta ulostulon signaalinkäsittelyyn. Signaalinkäsittelyä käytettäessä toistevastaanotin 300 käyttää tätä signaalia signaalin 101 muodostamiseksi uudelleen vastaanot-
timessa 300. Kuvio 4 esittää kuviossa 3 esitetyn korjauspiirin 317 parhaana pidettyä suoritusmuotoa. Kuten esitetty, yhdistetty signaali 316 menee dekodderiin 400, joka
25 parhaana pidetyssä suoritusmuodossa on Viterbi-dekodderi. Viterbi-dekodderin 400 ulostulo on dekoodattu signaali 401. Dekoodattu signaali 401 menee sen jälkeen jälkikooderiin 402, joka koodaa dekoodatun signaalin 401 uudelleen
30 samanlaisella myötäsuuntaisella virheenkorjauskoodilla (FEC, forward error correction code) kuin mitä lähettimessä on käytetty. Jälkikooderin 402 ulostulona on ainakin ensimmäinen korjattu signaali 313. Parhaana pidetyssä
35 suoritusmuodossa korjattu signaali 313 syötetään kumpan-

kin kertoimien estimointilohkoihin 310, 311; vaihtoehtoisissa suoritumuodossa nämä sisäänmenot voivat olla toiset.

5 Vaikka edellä tarkasteltu tekniikka voi parantaa toisteyhdistämisen suorituskykyä FEC:tä käyttävissä järjestelmissä, niin joissakin tapauksissa ei ole välttämätöntä asettaa tätä rajoitusta. Siten kuvio 5 esittää korjauspiirin 317 vaihtoehtoista suoritumuotoa, joka ei tarvitse dekod

10 deria 400. Kuten kuviossa 5 on esitetty, tarvitsee käyttää vain ehdotonta päätöslohkoa (hard-decision block) 504. Kuten kuvion 4 parhaana pidetyssä suoritumuodossa, toistevastaanotin 300 laskee aluksi kummankin haaran painotuskertoimen käyttäen CCP:hen perustuvaa kertoimien estimointitekniikkaa. Johtuen kuitenkin siitä seikasta, että toisteyhdistimessä 315 suoritettun yhdistämisen jälkeen yhdistetyssä signaalissa 316 on vähemmän virheitä kuin jos se olisi yhden haaran kehittämä, yhdistetyllä signaalilla 316 tehty ehdoton päätös tuottaa informaation, jota voidaan

15 käyttää vielä tarkempien toistepainotuskertoimien joukon laskemiseksi käytettäessä sitä useissa iteraatioissa. Vaikka tästä menetelmästä tulokseksi saatava suorituskykyparannus on huomattavasti pienempi kuin koodausta käyttävistä järjestelmistä saatava, niin tähän tekniikkaan liitty

20 tyy merkittävästi vähemmän yleiskuluja ja mutkikkautta kuin koodattujen järjestelmien tekniikkaan. Näin ollen, järjestelmän vaatimuksista riippuen, kuviossa 5 esitetty ei-dekodattu toteutus voi olla käyttökelpoinen suunnitteluvaihtoehto.

30 Tähän mennessä toistepainotusparametrien estimoinnin parannusmenetelmiä on esitetty yleisellä tasolla – niiden laajan käytettävyyden mukaisesti. Yleinen vastaanotin voidaan kuitenkin toteuttaa monenlaisissa käytännön järjestelmissä. Kuten edellä on esitetty, parhaana pidetty

35

suoritusmuoto on SFH CDMA -viestintäjärjestelmä. Kuviot 6 ja 7 esittävät yleisesti parannetun parametrien estimoinnin suoritusmuotoja tämän keksinnön mukaisessa SFH CDMA -viestintäjärjestelmässä.

5

Kuviossa 6 SFH-toistevastaanotin 600 käyttää antennoja 601, 602 lähetetyn signaalin (ei esitetty) eri toisintojen vastaanottamiseksi. Vaiheenkohdistuslohko 604 kohdistaa antennin 602 omaavan haaran (haara 2, B2) antennin 601 omaavaan haaraan (haara 1, B1). Vastaanotetut toisinnot, joiden vaiheet on kohdistettu keskenään, syötetään kertoimien estimointilohkoihin 606, 608, joissa kummankin haaran B1, B2 ensimmäinen toistepainotusparametri lasketaan ja joissa sitä käytetään vastaanotettujen toisintojen muuntamiseksi. Kertoimien estimointilohkojen 606, 608 ulostulot syötetään toisteyhdistimeen 610, jossa nämä kaksi muunnettua toisintoa yhdistetään. Toisteyhdistimen 610 ulostulo syötetään differentiaaliseen kvaternaariseseen vaiheensiirtoavainnettuun (DQPSK, differential quaternary phase-shift keyed) dekodderiin 612, joka olennaisesti suorittaa toisteyhdistimen 610 ulostulon demoduloinnin. DQPSK-dekodderin 612 ulostulo syötetään lohkoon 614, joka parhaana pidetyssä suoritusmuodossa on Viterbi-dekodderin ja jälkikooderin yhdistelmä. Uudelleenkoodaus on samanlainen tekniikka kuin siinä lähettimessä (ei esitetty) käytettävä, josta signaali on lähetetty.

Lohko 614 dekoddaa DQPSK-dekodderin 612 ulostulon ja antaa ainakin ensimmäisen korjatun signaalin 616. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa kumpaankin haaraan (B1, B2) menevät toisinnot 616 ovat samat signaalit. Tässä kohdassa signaalia 616 käytetään kummassakin haarassa toisen toistepainotusparametrin kehittämiseksi, jota käytetään vastaanotetun signaalin muuntamiseksi kummassakin haarassa (B1, B2).

35 Lohkot 606, 608, 610, 612 ja 614 käsittävä iteraatio voi-

daan toistaa, kunnes ei enää ole mahdollista korjata yhtään vastaanotetuissa toisinnoissa ollutta virhettä.

Kuviossa 7 esitetyn SFH-toistevastaanottimen 700 toiminta on samanlainen kuin kuvion 6 toistevastaanottimen 600. Antennit 701 ja 702 vastaanottavat lähetetyn signaalin (ei esitetty) eri toisinnot. Vastaanotetut toisinnot menevät DQPSK-dekoodereihin (704, 706), jotka ovat samanlaiset kuin kuvion 6 DQPSK-dekooderi 612. DQPSK-dekooderit 704 ja 706 suorittavat olennaisesti signaalin kummankin vastaanotetun toisinnon demoduloinnin. DQPSK-dekooderien 704 ja 706 ulostulot syötetään kertoimien estimointilohkoihin 708 ja 710, joissa lasketaan kummankin haaran B1, B2 ensimmäinen toistepainotusparametri, ja sitä käytetään vastaanotettujen toisintojen muuntamiseksi. Kertoimien estimointilohkojen 708 ja 710 ulostulot syötetään toisteyhdistimeen 712, jossa sanotut kaksi muunnettua toisintoa yhdistetään. Yhdistetty ulostulo syötetään lohkoon 714, joka jälleen, parhaana pidetyssä suoritusmuodossa, on Viterbi-dekooderin ja jälkikooderin yhdistelmä. Uudelleenkodeaus on samanlainen tekniikka kuin siinä lähettimessä käytettävä, josta signaali on lähetetty. Kuten vastaanottimessa 600, lohkot 708, 710, 712 ja 714 käsittävä iteraatio voidaan toistaa, kunnes ei enää ole mahdollista korjata yhtään vastaanotetuissa toisinnoissa ollutta virhettä.

Kuten edellä on selitetty, yksihaaraisella vastaanottimella 100 voisi olla rajoitettu määrä informaatiota signaalista 101, erityisesti signaaliin 101 sisältyvästä datasta. Kuvio 8 esittää yleisesti kertoimien estimointipiirin 310 ja 311 erästä vaihtoehtoista suoritusmuotoa, joka käyttää täysin tunnettua tai osittain tunnettua dataa yhdistelmänä tuntemattoman datan kanssa toistevastaanottimessa 300. Toistevastaanottimen 300 toiminta voisi olla samanlainen kuin kuviossa 3 esitetyn vastaanottimen, mutta

eriäisi siitä seuraavilta osin. Signaalin 101 eri toisintojen tallennettu muoto menee kertoimien estimointilohkoihin 310, 312, joissa tallennetut toisinnot menevät lohkoihin 800 ja 802. Lohko 800 on se, jossa kertoimien estimointi tapahtuu tunnetulla datalla, kun taas lohko 802 on se, jossa kertoimien estimointi tapahtuu tuntemattomalla datalla. Kuten kuviossa 8 on esitetty, lohko 802 ei tarvitse sisäänmenoa korjauspiiristä 317, koska lohkoissa 800 data on tunnettu eikä tämän datan tarkan estimaatin saaminen ole ongelma. Koska vastaanottimella 300 ei kuitenkaan ole tietämystä tuntemattomasta datasta, niin lohkoilla 802 on sisäänmenona korjauspiiristä 317 saatava korjattu signaali 313, jota käytetään tuntemattoman datan paremman estimaatin saamiseksi. Lohkojen 800 ja 802 ulostulot yhdistetään lohkoissa 804, jonka ulostulo sen jälkeen lähetetään toisteyhdistimeen 315, jossa toisteyhdistäminen tapahtuu kuten edellä on selitetty.

Alan asiantuntijalle on siis selvää, että tämän keksinnön mukaan on aikaansaatu sellainen menetelmä ja laite signaalin painotusparametrien estimoimiseksi vastaanottimessa, joka täysin täyttää edellä esitetyt tavoitteet ja tarkoitukset ja jolla on esitetyt hyvät puolet.

Vaikka tämä keksintö on selitetty sen erityisten suoritusmuotojen yhteydessä, niin on selvää, että monet muutokset, muunnokset ja muunnelmat ovat edellä esitetyn selityksen valossa ilmeisiä alan asiantuntijoille. Näin ollen tarkoituksena on, että tällaiset muutokset, muunnokset ja muunnelmat sisältyvät oheisten patenttivaatimusten piiriin.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä viestintäjärjestelmässä, jossa on toistevastaa-
taanotin, jossa on ainakin ensimmäinen ja toinen haara
5 signaalin ainakin ensimmäisen ja toisen toisinnon vastaan-
ottamiseksi, toistepainotusparametrien estimoimiseksi
toistevastaanottimessa, t u n n e t t u siitä, että
menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:
- 10 kehitetään sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa aina-
kin ensimmäinen toistepainotusparametri, joka liittyy
sanottuihin vastaaviin ensimmäiseen ja toiseen toisintoon;
muunnetaan sekä ensimmäistä että toista toisintoa sekä
15 ensimmäisessä että toisessa haarassa kehitetyn vastaavan
ainakin ensimmäisen toistepainotusparametrin avulla;
yhdistetään sanottu muunnettu ensimmäinen ja toinen toi-
sinto ensimmäisen yhdistetyn signaalin tuottamiseksi;
20 korjataan sanottua ensimmäistä koodattua signaalia ainakin
ensimmäisen korjatun signaalin tuottamiseksi; ja
kehitetään sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa aina-
25 kin toinen signaaliin liittyvä toistepainotusparametri
sanottua ainakin ensimmäistä korjattua signaalia käyttäen.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että sanottu signaali lisäksi käsittää
30 koodatun signaalin.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että sanottu korjausvaihe käsittää li-
säksi seuraavat vaiheet:

dekoodataan sanottu ensimmäinen yhdistetty signaali ensimmäisen dekoodatun signaalin tuottamiseksi; ja

5 koodataan sanottu ensimmäinen dekoodattu signaali uudelleen sanotun ainakin ensimmäisen korjatun signaalin tuottamiseksi.

10 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että se lisäksi käsittää seuraavat vaiheet:

15 muunnetaan koodatun signaalin sanottua ensimmäistä ja toista toisintoa sanotun ainakin toisen toistepainotusparametrin avulla, joka on kehitetty sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa, koodatun signaalin ensimmäisen ja toisen uudelleen painotetun toisinnon tuottamiseksi;

20 yhdistetään koodatun signaalin sanottu ensimmäinen ja toisen uudelleen painotettu toisinto toisen yhdistetyn signaalin tuottamiseksi; ja

dekoodataan sanottu toinen yhdistetty signaali toisen dekoodatun signaalin tuottamiseksi.

25 5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että sanottu vaihe, jossa koodatun signaalin sanottua ensimmäistä ja toista toisintoa muunnetaan, käsittää lisäksi vaiheen, jossa koodatun signaalin sanotun ensimmäisen ja toisen toisinnon tallennettuja
30 muotoja muunnetaan.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että sanottu korjausvaihe käsittää li-
säksi vaiheen, jossa tehdään ehdoton päätös (hard-decisi-
on) sanotulla ensimmäisellä yhdistetyllä signaalilla sano-
5 tun ainakin ensimmäisen korjatun signaalin tuottamiseksi.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että se lisäksi käsittää seuraavat vai-
heet:

10

muunnetaan signaalin sanottua ensimmäistä ja toista ver-
siota sanotun ainakin toisen toistepainotusparametrin
avulla, joka on kehitetty sekä ensimmäisessä että toisessa
haarassa, signaalin ensimmäisen ja toisen uudelleen paino-
15 tetun toisinnon tuottamiseksi; ja

yhdistetään signaalin sanottu ensimmäinen ja toinen uudel-
leen painotettu versio toisen yhdistetyn signaalin tuotta-
miseksi, missä sanottua toista yhdistettyä signaalia käy-
20 tetään signaalin muodostamiseksi uudelleen vastaanottimes-
sa.

8. Menetelmä useiden toistepainotusparametrien estimoimi-
seksi viestintäjärjestelmässä, jossa on lähetin ja toiste-
25 vastaanotin, joka lähetin lähettää koodatun signaalin,
jonka toistevastaanotin vastaanottaa, t u n n e t t u
siitä, että menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

vastaanotetaan koodatun signaalin ensimmäinen ja toinen
30 toisinto vastaavasti toistevastanottimen ensimmäisessä ja
toisessa haarassa;

kehitetään sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa ensimmäinen toistepainotusparametri, joka liittyy sanottuihin vastaaviin koodatun signaalin ensimmäiseen ja toiseen toisintoon;

5

muunnetaan koodatun signaalin sekä ensimmäistä että toista toisintoa vastaavan ensimmäisen toistepainotusparametrin avulla;

10 yhdistetään koodatun signaalin sanottu muunnettu ensimmäinen ja toinen toisinto ensimmäisen yhdistetyn signaalin tuottamiseksi;

15 dekoodataan sanottu ensimmäinen yhdistetty signaali ensimmäisen dekoodatun signaalin tuottamiseksi;

koodataan sanottu ensimmäinen dekoodattu signaali uudelleen; ja

20 kehitetään sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa ainakin toinen koodattuun signaaliin liittyvä toistepainotusparametri sanottua uudelleen koodattua signaalia käyttäen.

25 9. Viestintäjärjestelmässä käytettävä toistevastaanotin, jossa on ainakin ensimmäinen ja toinen haara signaalin ainakin ensimmäisen ja toisen toisinnon vastaanottamiseksi ja joka estimoi signaalin painotusparametrit, t u n - n e t t u siitä, että toistevastaanotin käsittää:

30 sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa olevan elimen, jotka kehittävät ainakin ensimmäisen toistepainotusparametrin, joka liittyy sanottuihin ainakin ensimmäiseen ja toiseen toisintoon;

elimen, joka muuntaa sekä ensimmäistä että toista toisintoa vastaavan ainakin ensimmäisen toistepainotusparametrin avulla, joka on kehitetty sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa;

5

elimen, joka yhdistää sanotun muunnetun ensimmäisen ja toisen toisinnon ensimmäisen yhdistetyn signaalin tuottamiseksi;

10 elimen, joka korjaa sanottua ensimmäistä yhdistettyä signaalia ainakin ensimmäisen korjatun signaalin tuottamiseksi; sekä

15 elimen, joka kehittää sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa signaaliin liittyvän ainakin toisen toistepainotusparametrin sanottua ainakin ensimmäistä korjattua signaalia käyttäen.

20 10. Toistevastaanotin, jota käytetään aikajakokanavoidussa (TDMA, time-division multiple access) viestintäjärjestelmässä ja jossa on ainakin ensimmäinen ja toinen haara, jotka vastaanottavat signaalin ainakin ensimmäisen ja toisen toisinnon ensimmäisellä ja toisella TDMA-aikavälillä, ja joka toistevastaanotin estimoii signaalin painotusparametrit, t u n n e t t u siitä, että toistevastaanotin käsittää:

30 sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa olevan elimen, jotka kehittävät ainakin ensimmäisen ja toisen toistepainotusparametrin, jotka liittyvät sanottuihin ensimmäiseen ja toiseen toisintoon;

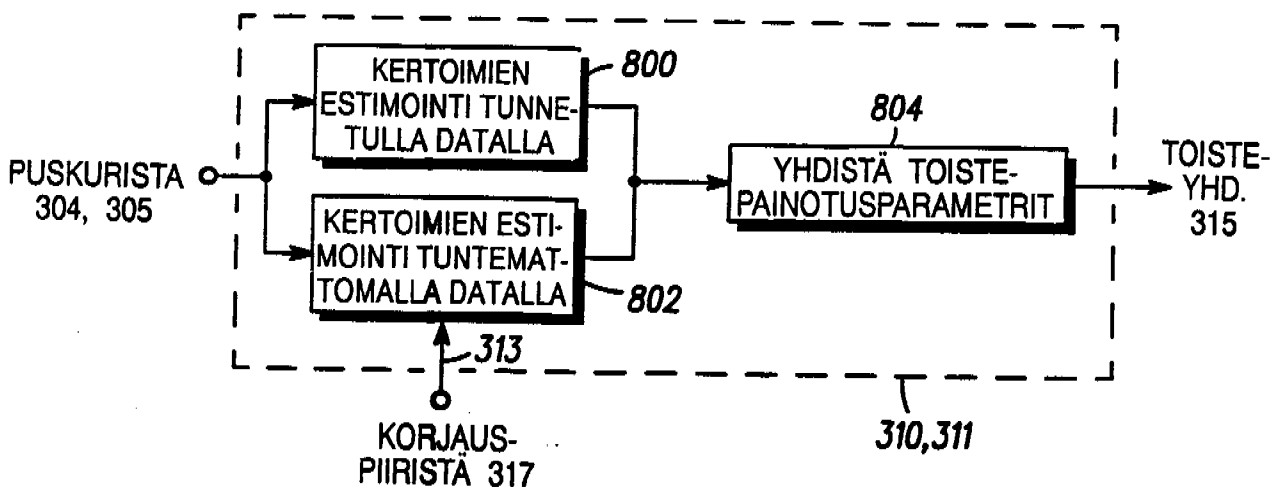
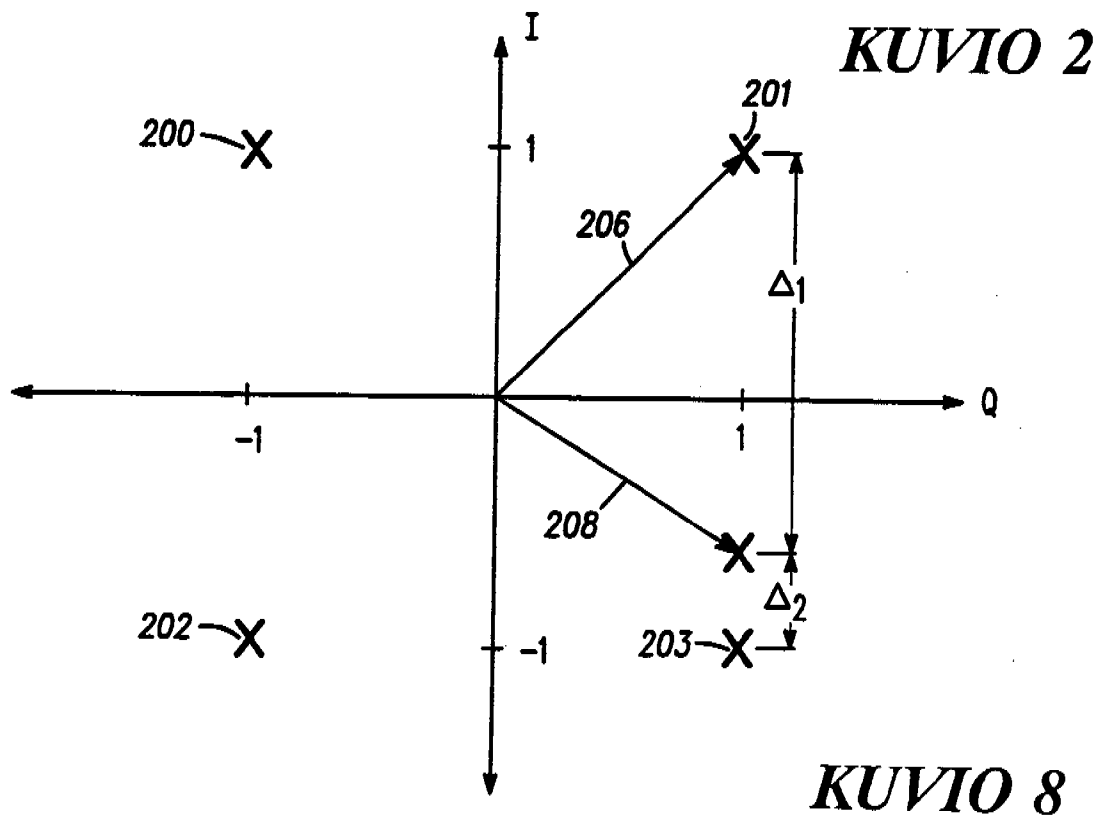
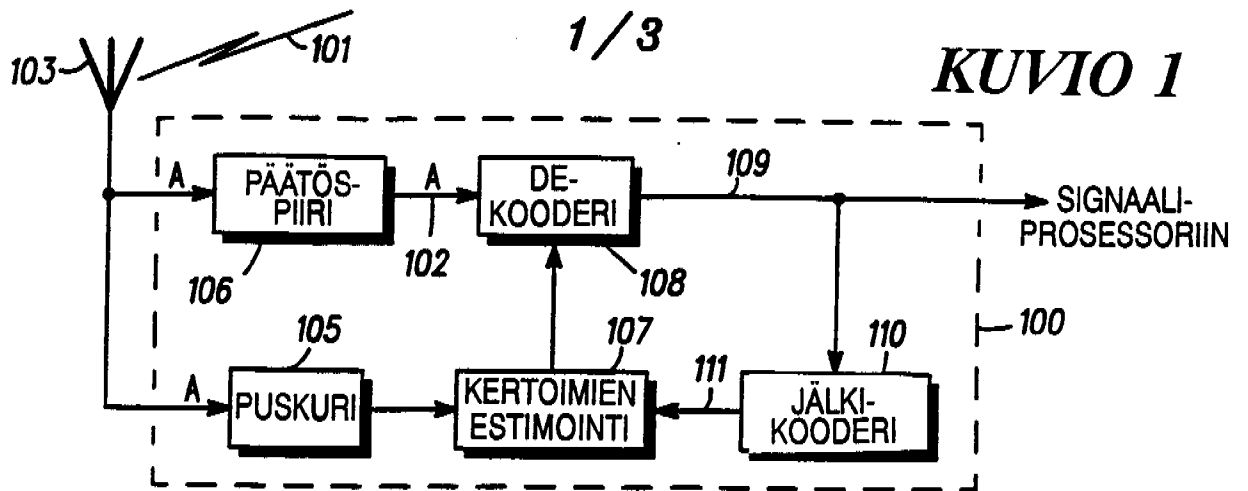
elimen, joka muuntaa sekä ensimmäistä että toista toisintoa sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa kehitetyn

vastaavan ainakin ensimmäisen toistepainotusparametrin avulla;

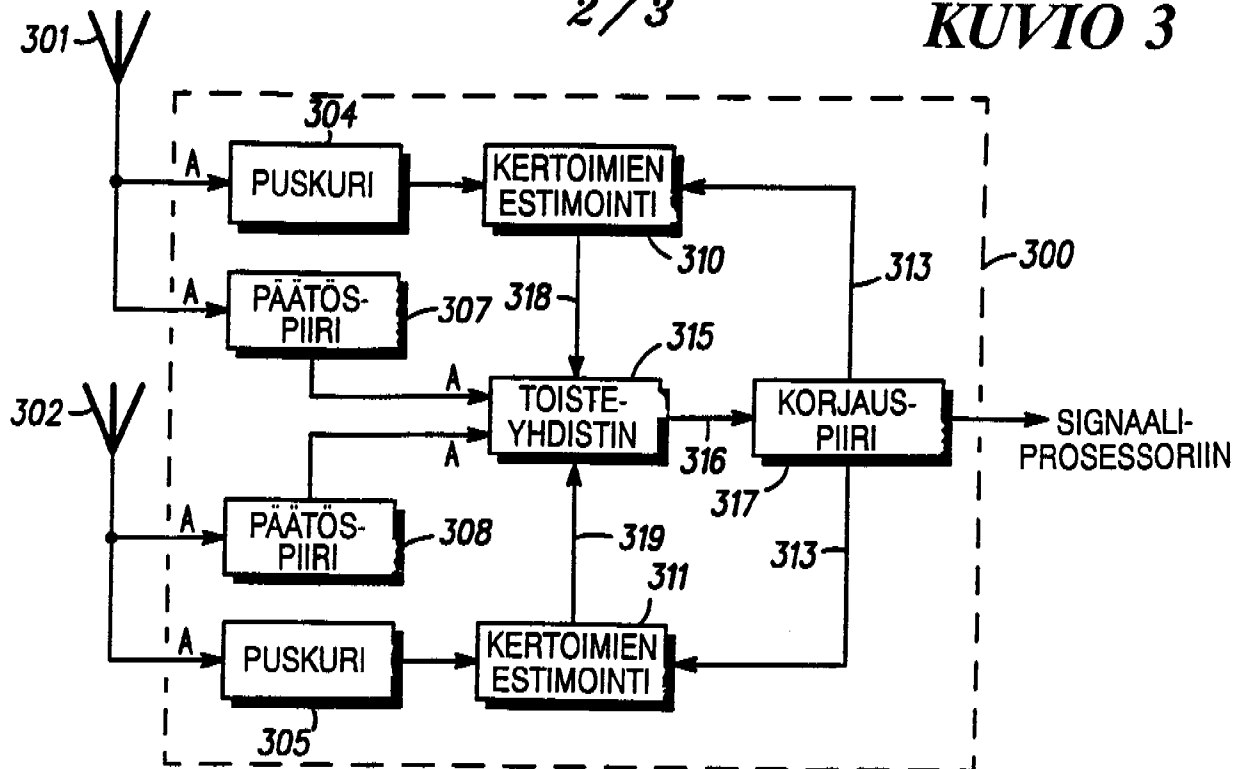
5 elimen, joka yhdistää sanotun muunnetun ensimmäisen ja toisen toisinnon ensimmäisen yhdistetyn signaalin tuottamiseksi;

10 elimen, joka korjaa sanottua ensimmäistä yhdistettyä signaalia ainakin ensimmäisen korjatun signaalin tuottamiseksi; sekä

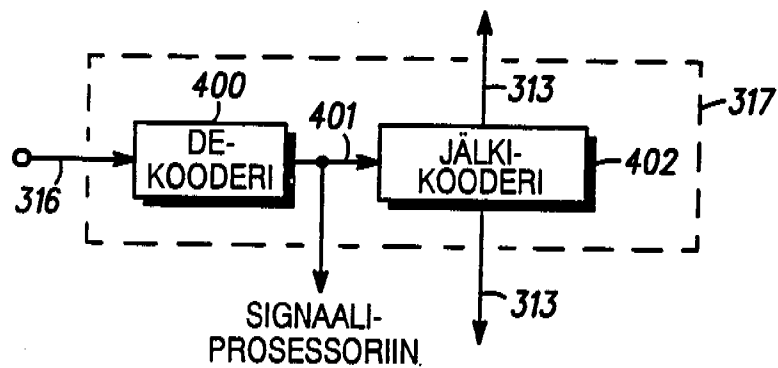
15 elimen, joka kehittää sekä ensimmäisessä että toisessa haarassa ainakin toisen signaaliin liittyvän toistepainotusparametrin sanottua ainakin ensimmäistä korjattua signaalia käyttäen.



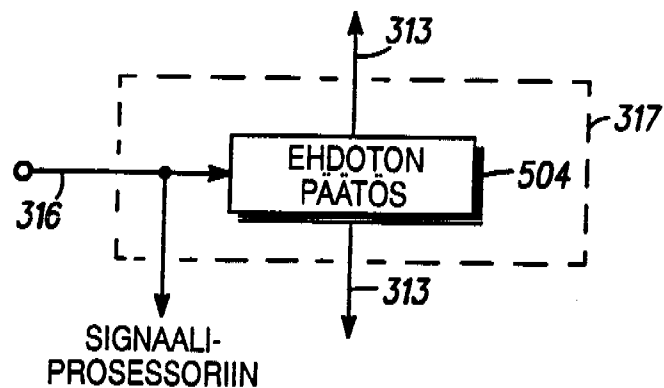
KUVIO 3



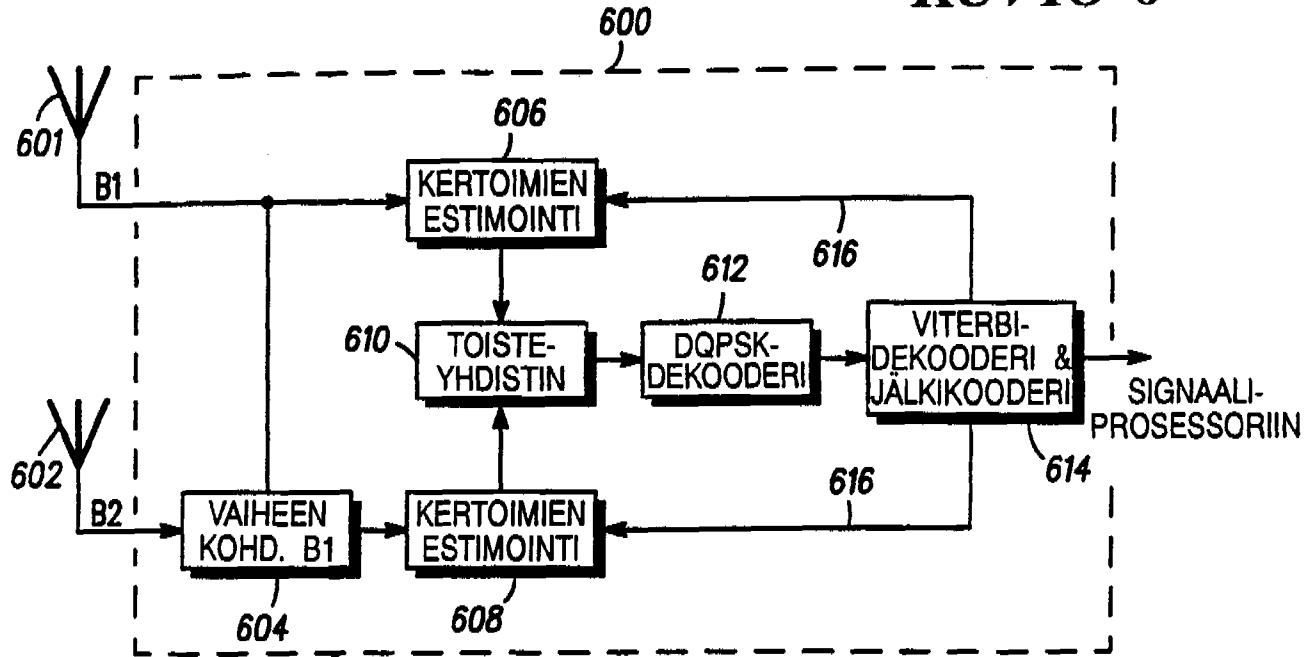
KUVIO 4



KUVIO 5



KUVIO 6



KUVIO 7

