



FI000099067B



(B) (11) KUULUTUSJULKAISU  
UTLÄGGNINGSSKRIFT  
C (45) Patentti myönnetty  
Patent meddelat 25 09 1997

99067

(51) Kv.lk.6 - Int.cl.6

H 04L 25/03, H 04B 7/216

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	955269
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	02.11.95
(24) Alkupäivä - Löpdag	02.11.95
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	03.05.97
(44) Nähtäväsipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	13.06.97

SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus  
Patent- och registerstyrelsen

(71) Hakija - Sökande

1. Nokia Mobile Phones Ltd, Nakolankatu 8, 24100 Salo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Lilleberg, Jorma, Mustaherukkatie 1 A, 90800 Oulu, (FI)  
2. Juntti, Markku, Riimutie 12, 90540 Oulu, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Patenttisto Teknopolis Kolster Oy

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

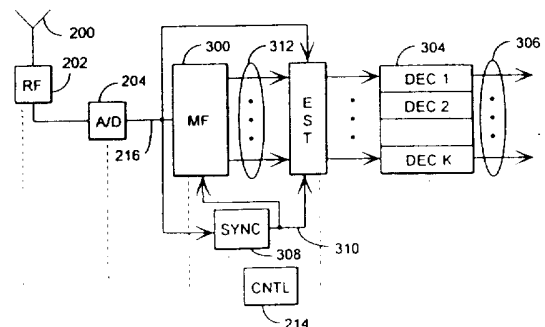
Vastaanottomenetelmä ja vastaanotin  
Mottagningsförfarande och mottagare

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US A 5467368 (H 04B 1/707), Kokusai Denshin Denwa, WO A 96/06487 (H 04B 7/26), Nokia Telecom,  
WO A 95/28772 (H 04L 25/03), Nokia Telecom

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on vastaanottomenetelmä, sekä vastaanotin, joka käsittää välineet (300, 302), jotka on sovitettu laskemaan estimaatit vastaanotetun signaalin parametreille kahdessa tai useammassa asteessa, välineet (500) käsittellä signaalia iteratiivisesti annetun mittaisen useita näytteitä käsittävän havaintoaikavälin avulla, ja välineet (500, 214) liu'uttaa havaintoaikaväliä saapuneitten näytteitten yli. Monimutkaisten matriisioperaatioiden välttämiseksi vastaanotossa keksinnön mukainen vastaanotin käsittää välineet (500, 214) liu'uttaa havaintoaikaväliä siten, että peräkkäiset havaintoaikavälit ( $I_1, I_2$ ) ovat osittain päällekkäisiä, ja välineet (500) käyttää laskettaessa kussakin havaintoaikavälissä parametrien estimaatteja ja päätöksiä alkuarvoina edellisen havaintoaikavälin antamia estimaatteja niiden näytteiden osalta, jotka kuuluvat edellisen havaintoaikavälin piiriin ja edellisen asteen antamia estimaatteja niiden näytteiden osalta, jotka eivät kuuluneet edellisen havaintoaikavälin piiriin.



Uppfinningen avser ett mottagningsförfarande och en mottagare, vilken omfattar organ (300, 302) anordnade att beräkna estimat för parametrar i en mottagen signal i två eller flera steg, organ (500) för iterativ behandling av signalen med användning av observationsintervall med given längd omfattande ett flertal sampel, och organ (500, 214) som låter observationsintervallet glida över de ankomna sampel. För undvikande av invecklade matrisoperationer vid mottagningen omfattar mottagaren enligt uppfinningen organ (500, 214), som låter observationsintervallet glida så att de successiva intervallen ( $I_1$ ,  $I_2$ ) är delvis överlappande, och organ (500), vilka vid beräkning av parameterestimat och beslut i respektive observationsintervall som initialvärden använder från det föregående observationsintervallet erhållna estimat för de sampel, som tillhör kretsen för det föregående observationsintervallet, och estimat från det föregående steget för sampel, vilka ej tillhört den föregående observationsfönsterkretsen.

## Vastaanottomenetelmä ja vastaanotin

### **Tekniikan ala**

Keksinnön kohteena on vastaanottomenetelmä, jossa  
5 vastaanotetusta signaalista otetaan näytteitä, ja jossa  
vastaanotetusta signaalista mitataan signaalin sisältämien  
läheteiden keskinäiset viiveet ja läheteiden voimakkuu-  
det, jotka sanotut läheteet ovat peräisin yhdeltä tai  
useammalta lähettimeltä, ja jossa vastaanotetun signaalin  
10 parametreille lasketaan estimaatit kahdessa tai useammassa  
vastaanotinasteessa, joista jossain jälkimmäisessä astees-  
sa signaalia käsitellään iteratiivisesti annetun mittaisen  
useita näytteitä käsittävän liukuvan havaintoaikavälin  
avulla.

### 15 **Tekniikan taso**

Tiedonsiirtojärjestelmien suunnittelussa ja toteu-  
tuksessa eräs keskeinen ongelma on useiden samanaikaisten  
käyttäjien signaalien yhtäaikainen lähetys ja vastaanotto  
siten, että signaalit häiritsevät toisiaan mahdollisimman  
20 vähän. Tämän sekä käytettävän siirtokapasiteetin takia on  
kehitetty useita erilaisia siirtoprotokollia sekä moni-  
käyttömenetelmiä, joista erityisesti matkapuhelintietolii-  
kenteessä yleisimmät ovat FDMA (Frequency Division Multi-  
ple Access)- ja TDMA (Time Division Multiple Access)-mene-  
telmät sekä viime aikoina myös CDMA (Code Division Multi-  
ple Access)-menetelmä. Esillä olevaa keksintöä voidaan  
25 soveltaa kaikkia yllä mainittuja monikäyttömenetelmiä so-  
vellettaessa. Erityisen hyödyllistä keksinnön soveltaminen  
on CDMA-järjestelmissä, mutta sitä on edullista soveltaa  
myös FDMA - ja TDMA-järjestelmissä silloin, kun häiriö-  
30 tasot kasvavat.

CDMA on hajaspektritekniikkaan perustuva monikäyttö-  
menetelmä, jota on viime aikoina ryhdytty soveltamaan so-  
lukkoradiojärjestelmissä aiempien FDMA:n ja TDMA:n ohella.  
35 CDMA:lla on useita etuja verrattuna aiempiin menetelmiin,

kuten esimerkiksi taajuussuunnittelun yksinkertaisuus sekä spektritehokkuus. Jatkossa keksintöä kuvataan sovellettaessa sitä esimerkinomaisesti suoraajotus-CDMA-järjestelmässä. Keksinnön soveltaminen myös muihin laaja- ja kapeakaistaisiin järjestelmiin on suoraviivaista.

5 Suoraajotus-CDMA-menetelmässä käyttäjän kapeakaistainen datasiignaali kerrotaan datasiignaalia huomattavasti laajakaistaisemmalla hajotuskoodilla suhteellisen laajalle kaistalle. Tunnetuissa koejärjestelmissä käytettyjä kaistanleveyksiä on esimerkiksi 1,25 MHz, 10 MHz sekä 25 MHz. Kertomisen yhteydessä datasiignaali leviää koko käytettävälle kaistalle. Kaikki käyttäjät lähettävät samaa taajuuskaistaa käyttäen samanaikaisesti. Kullakin tukiaseman ja liikkuvan aseman välisellä yhteydellä käytetään omaa hajotuskoodia, ja käyttäjien signaalit pystytään erottamaan toisistaan vastaanottimissa kunkin käyttäjän hajotuskoodin perusteella. Hajotuskoodit pyritään valitsemaan siten, että ne ovat keskenään ortogonaalisia, eli eivät korreloi toistensa kanssa.

20 Tavanomaisella tavalla toteutetussa CDMA-vastaanottimissa olevat korrelaattorit tahdistuvat haluttuun signaaliin, joka tunnistetaan hajotuskoodin perusteella. Datasiignaali palautetaan vastaanottimessa alkuperäiselle kaistalle kertomalle se uudestaan samalla hajotuskoodilla kuin lähetysvaiheessa. Ne signaalit, jotka on kerrottu jollain toisella hajotuskoodilla, eivät ideaalisessa tapauksessa korreloi ja palaudu kapealle kaistalle. Täten ne näkyvät kohinana halutun signaalin kannalta. Tavoitteena on siis ilmaista halutun käyttäjän signaali usean häiritsevän signaalin joukosta. Käytännössä hajotuskoodit eivät ole korreloimattomia ja toisten käyttäjien signaalit vaikeuttavat halutun signaalin ilmaisua vääristämällä vastaanotettua signaalia. Tätä käyttäjien toisilleen aiheuttaa häiriötä kutsutaan monikäyttöhäiriöksi.

35 Erityisen ongelmallinen tilanne esiintyy silloin,

kun yhdellä tai useammalla käyttäjällä signaalivoimakkuus on huomattavasti suurempi kuin muilla käyttäjillä. Nämä voimakastehoiset käyttäjät häiritsevät merkittävästi muiden käyttäjien yhteyksiä. Tällaista tilannetta kutsutaan lähi-kauko-ongelmaksi, ja sellainen saattaa esiintyä esimerkiksi solukkoradiojärjestelmissä silloin, kun yksi tai useampi käyttäjä on lähellä tukiasemaa ja joukko käyttäjiä kauempana, jolloin lähellä olevat käyttäjät peittävät muiden käyttäjien signaalit tukiasemavastaanottimessa, mikäli järjestelmän tehonsäätöalgoritmit eivät ole erittäin nopeita ja tehokkaita.

Erityisesti asynkronisissa järjestelmissä, eli järjestelmissä missä käyttäjien signaalit eivät ole tahdistettuja toisiinsa, signaalien luotettava vastaanotto on ongelmallista, koska käyttäjien symbolit häiriintyvät muiden käyttäjien useista symboleista. Perinteisissä vastaanottimissa ilmaisimina käytetyt hajotuskoodeihin sovitettut suodattimet ja liukuvat korrelaattorit toimivat kuitenkin huonosti lähi-kauko-tilanteissa. Tunnetuista menetelmistä paremmin toimivat monen käyttäjän ilmaisimet, kuten esimerkiksi dekorreloiva ilmaisim, joka eliminoi monikäyttöhäiriötä vastaanotetusta signaalista kertomalla sen käytettyjen hajotuskoodien ristikorrelaatiomatriisilla. Dekorreloivaa ilmaisinta ja sen tunnettuja toteutustapoja on selostettu tarkemmin julkaisuissa Lupas, Verdu: Linear multiuser detectors for synchronous code-division multiple access channels, IEEE Transactions on Information Theory, vol 35, no.1, pp. 123-136, Jan 1989, sekä Lupas, Verdu: Near-far resistance of multiuser detectors in asynchronous channels, IEEE Transactions on Communications, vol 38, Apr 1990, jotka otetaan tähän viitteiksi. Näihin menetelmiin kuitenkin liittyy runsaasti laskentakapasiteettia vaativia operaatioita kuten esimerkiksi matriisinkääntöoperaatioita, erityisesti jos käyttäjän koodi muuttuu symboli symbolilta. Matriisinkääntöoperaatiot ovat erityisen vaativia

etenkin silloin, kun siirtokanavan laatu ja käyttäjien lukumäärä vaihtelevat jatkuvasti, kuten on laita esimerkiksi solukkoradiojärjestelmissä.

#### **Keksinnön tunnusmerkit**

5 Esillä olevan keksinnön tarkoituksena onkin toteuttaa vastaanottomenetelmä ja vastaanotin, jonka avulla monen käyttäjän signaalit voidaan ilmaista tehokkaasti ilman monimutkaisia matriisioperaatioita riippumatta siitä, muuttuuko käyttäjän koodi symboli symbolilta vai toistuuko  
10 se periodisesti.

Tarkoituksena on edelleen toteuttaa vastaanotto-  
menetelmä, jota voidaan soveltaa monen käyttäjän ilmaisun  
lisäksi myös yhden tai monen käyttäjän yksi- tai moni-  
tiekanavan kompleksisten vaimennuskertoimien estimointiin.

15 Tämä saavutetaan johdannossa esitetyn tyyppisellä menetelmällä, jolle on tunnusomaista, että peräkkäiset havaintoaikavälit ovat osittain päällekkäisiä, ja että laskettaessa kussakin havaintoaikavälissä parametrien es-  
timateja käytetään alkuarvoina edellisen havaintoaikavä-  
20 lin antamia estimateja ja päätöksiä niiden näytteiden osalta, jotka kuuluvat edellisen havaintoaikavälin pii-  
riin, ja edellisen asteen antamia estimateja niiden näytteiden osalta, jotka eivät kuuluneet edellisen havain-  
toikkunan piiriin.

25 Keksinnön kohteena on lisäksi vastaanotin, joka käsittää välineet mitata vastaanotetusta signaalista signaa-  
lin sisältämien lähetteiden keskinäiset viiveet ja lähete-  
teiden voimakkuudet, jotka sanotut lähetteet ovat peräisin  
yhdeltä tai useammalta lähettimeltä, välineet, jotka on  
30 sovitettu laskemaan estimateit vastaanotetun signaalin  
parametreille kahdessa tai useammassa asteessa, välineet  
ottaa vastaanotetusta signaalista näytteitä, välineet kä-  
sitellä signaalia iteratiivisesti annetun mittaisen useita  
näytteitä käsittävän havaintoaikavälin avulla, ja välineet  
35 liu'uttaa havaintoaikaväliä saapuneitten näytteitten yli.

Keksinnön mukaiselle vastaanottimelle on tunnusomaista, että vastaanotin käsittää välineet liu'uttaa havaintoaikaväliä siten, että peräkkäiset havaintoaikavälit ovat osittain päällekkäisiä, ja välineet käyttää laskettaessa kussakin havaintoaikavälissä parametrien estimaatteja ja päätöksiä alkuarvoina edellisen havaintoaikavälin antamia estimaatteja niiden näytteiden osalta, jotka kuuluvat edellisen havaintoaikavälin piiriin ja edellisen asteen antamia estimaatteja niiden näytteiden osalta, jotka eivät kuuluneet edellisen havaintoikkunan piiriin.

Keksinnön mukaista menetelmää voidaan edullisesti soveltaa esimerkiksi dekorreloivan ilmaisun tai keskineliövirheen minimoivan ilmaisun tai estimoinnin yhteydessä. Keksinnön mukainen menetelmä hyödyntää iteratiivisia lineaaristen yhtälöiden ratkaisumenetelmiä, kuten konjugaattigradianttimenetelmää (GC-menetelmä). Keksinnön mukaisessa ratkaisussa signaalinäytteitä tarkastellaan rajallisen havaintoikkunan avulla, jota havaintoikkunaa liu'utetaan näytteitten yli siten, että peräkkäiset ikkunat ovat osittain päällekkäisiä. Peräkkäisillä iteraatiokierroksilla käytetään alkuarvoina edellisessä havaintoikkunassa laskettuja estimaatteja niiltä osin, kuin ne ovat olemassa. Muina alkuarvoina käytetään vastaanottimen edellisestä asteesta, tyypillisesti sovitetuilta suodattimilta, saatavia arvoja. Tällä menetelmällä saadaan iteraatio nopeasti suppenemaan.

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa vältetään matriisien kääntöoperaatioilta, jotka ovat niin vaativia, ettei niitä ole käytännön vastaanottimissa sovellettu.

### 30 **Kuvioiden selitys**

Seuraavassa keksintöä selitetään tarkemmin viitaten oheisten piirustusten mukaisiin esimerkkeihin, joissa

kuviot 1a ja 1b havainnollistavat esimerkkiä käyttäjien aaltomuodot käsittävästä matriisista,

35 kuvio 1c havainnollistaa esimerkkiä havaintoaikavä-

lien valinnasta,

kuvio 2 havainnollistaa esimerkkiä keksinnön mukaisen vastaanottimen rakenteesta lohkokaaaviotasolla,

5 kuvio 3 havainnollistaa tarkemmin keksinnön mukaisen vastaanottimen toteutusta erityisesti ilmaisimen osalta,

kuviot 4a ja 4b havainnollistavat kahta mahdollista tapaa toteuttaa sovitettu suodatinpankki ja

kuviot 5a ja 5b esittävät iteratiivisen ilmaisimlohkon toteutusta lohkokaaavion avulla.

#### 10 **Edullisten toimintamuotojen kuvaus**

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa vastaanotetusta ja mahdollisesti jollain tapaa käsitellystä signaalista otetaan näytteitä. Vastaanotettua näytteistettyä signaalia tarkastellaan usean datasymbolin yli ulottuvan havaintoai-  
15 kavälin ajan, jonka perusteella suoritetaan vastaanotettujen symbolien estimointi.

Keksinnön mukaista vastaanottomenetelmää voidaan soveltaa sekä synkronisessa että asynkronisessa järjestelmässä. Menetelmä soveltuu käytettäväksi riippumatta käyttäjien lukumäärästä tai kunkin käyttäjän monitie-  
20 edenneiden signaalikomponenttien lukumäärästä.

Vastaanotettu asynkroninen CDMA-signaali  $r(t)$  on yleisesti muotoa

$$25 \quad r(t) = \sum_{k=1}^{K(t)} \sum_{m=M(k)}^{M(k)} \sum_{l=1}^{L(t,k)} \alpha_{klm} b_{km} s_k(t-mT-d_{klm}) + w(t), \quad (1)$$

jossa  $\alpha_{klm}$  on kompleksinen kanavavaimennus,  $b_{km}$  käyttäjän symboli,  $s_k(t)$  käyttäjän laajakaistainen aaltomuoto (hajotuskoodisekvenssi),  $d_{klm}$  asynkronisuudesta johtuva viive,  $w(t)$  kohina ja  $T$  symboliaikaväli. Käyttäjien lukumäärä  $K(t)$  on ajan mukana muuttuva funktio,  $M(k)$  on lähetettävien symbolien lukumäärä sekä  $L(t,k)$  on vastaanotettujen signaalikomponenttien lukumäärä, joka riippuu ajasta ja  
35 käyttäjästä.  $L(t,k)$  muuttuu ajan funktiona, koska monitie-



edenneiden signaalikomponenttien lukumäärä eri käyttäjillä vaihtelee ajan myötä. Sama yhtälö (1) voidaan ilmaista myös vektorimuodossa

$$\mathbf{r} = \mathbf{S}_d \mathbf{A} \mathbf{b} + \mathbf{w}, \quad (2)$$

5 jossa  $\mathbf{b} = (b_{km})$ ,  $\mathbf{A} = \text{diag}(a)$ , jossa  $a = (\alpha_{klm})$ ,  $\mathbf{w}$  kohinatermi ja  $\mathbf{S}_d$  on käyttäjien aaltomuodot käsittävä matriisi, jonka muotoa havainnollistetaan kuvioiden 1a ja 1b mukaisella esimerkillä. Kuviossa 1a  $\mathbf{S}_d$  on matriisi, jonka lävistäjällä kulkee kaksi aaltomuotomatriisia  $S_1$  ja  $S_2$  osittain limit-

10 tain, muun osan matriisista käsittäen nollatermejä.

Kuviossa 1b havainnollistetaan tarkemmin aaltomuotomatriisien  $S_1$  ja  $S_2$  sisältöä. Esimerkissä oletetaan käyttäjien lukumäärän olevan kolme ja kullakin käyttäjällä olevan yksinkertaisuuden vuoksi yksitiekanava.  $-M(k)$  tarkoittaa siis oletettua ensimmäistä vastaanotettua symboliryhmää, jonka käyttäjät lähettävät, ja se käsittää siis kunkin kolmen käyttäjän symbolit 100a - 100c, jotka saapuvat vastaanottoon kunkin hieman eri aikaan viiveiden ja eri etenemisreittien takia.  $S_1^{(-M(k))}$  käsittää käyttäjien symboli-informaatiot siltä osin, kuin ne ovat samanaikaisia ensimmäisen käyttäjän symbolin 100a kanssa.  $S_2^{(-M(k))}$  käsittää käyttäjien symboli-informaatiot siltä osin, kuin ne ovat eriaikaisia ensimmäisen käyttäjän symbolin 100a kanssa.  $(-M(k) + 1)$  käsittää toisen vastaanotetun symboli-informaation 102a - 102c. 102a vastaa ensimmäisen käyttäjän toista symboli-informaatiota ja 102b ja 102c vastaavasti toisen ja kolmannen käyttäjän symboli-informaatiota. Jako  $S_1^{(-M(k)+1)}$  :n ja  $S_2^{(-M(k)+1)}$  :n kesken suoritetaan ylläkuvatulla tavalla.

20

25

30 Vaihtoehtoisesti yhtälö (1) voidaan ilmaista myös muodossa

$$\mathbf{r} = \mathbf{S}_d \mathbf{u} + \mathbf{w},$$

jossa  $\mathbf{u} = \mathbf{A} \mathbf{b}$ . Tästä yhtälöstä voidaan halutun suureen  $\mathbf{u}$  estimaatti  $\hat{\mathbf{u}}$  ratkaista suoraan kaavalla

35

$$\hat{u} = (S_d^H S_d)^{-1} S_d^H r, \quad (3)$$

joka voidaan myös kirjoittaa muotoon

$$(S_d^H S_d) \hat{u} = S_d^H r. \quad (4)$$

5 Suora ratkaisu on laskennallisesti vaativa matriisien kääntöoperaatioiden vuoksi.

Keksinnön mukaisessa menetelmässä yhtälön (1) ratkaisemisessa sovelletaan iteratiivisia lineaaristen yhtälöryhmien ratkaisumenetelmiä. Soveltuvia menetelmiä ovat esimerkiksi steepest descent ja erityisesti konjugaattigradien-  
10 gradientti (CG) menetelmä. CG-menetelmää on tarkemmin selostettu esimerkiksi kirjassa J. Stoer, R. Bulirsch: Introduction to numerical analysis, Springer-Verlag, 1983, pp. 572 - 576, joka otetaan tähän viitteeksi.

Tarkastellaan yhtälön (3) ratkaisua keksinnön mukaisella menetelmällä. Yhtälön ratkaisun taulukku kuvaus on yksinkertaistetusti muotoa  $Y = [S_d | r]$ . Tarkastellaan kuviota 1c. Kuviossa on esitetty kaavakuvamaisesti osa matriisiyhtälöä (4). Yhtälö voidaan keksinnön mukaisessa menetelmässä ratkaista paikallisesti riittävällä tarkkuudella osamatriisien eli havaintoaikavälien avulla, joissa osamatriiseissa ratkaistaan paikallisesti tuntemattomat suureet. Kuviossa 1c osamatriiseja on merkitty kirjaimilla  $I_1 - I_4$ . Osamatriisi  $I_1$  käsittää alkuperäisestä matriisista rivien  $i$  ja  $j$  välisen alueen. Tästä osamatriisista ratkaistaan tuntemattomat parametrit  $\hat{u}$  yhtälön  
20

$$(S_d^H S_d)_{ii} \hat{u}_{ii} = (S_d^H r)_{ii}$$

mukaisesti.  $\hat{u}_{ii}$  viittaa siis niihin parametreihin, joille saadaan ratkaisu rivien  $i, j$  välisellä alueella olevan informaation perusteella.

30 Seuraavaksi havaintoaikaväliä siirretään siten, että uusi aikaväli  $I_2$  on rivien  $i+N$  ja  $j+N$  välinen alue.  $N$  valitaan siten, että edellinen ja uusi havaintoaikaväli  $I_1$  ja  $I_2$  ovat osittain päällekkäin. Tyypillisesti  $N$  on yhtä symboliaikaväliä vastaava näytteitten lukumäärä. Tästä osamatriisista ratkaistaan tuntemattomat parametrit  $\hat{u}$  yhtälön  
35

$$(\mathbf{S}_d^H \mathbf{S}_d)_{I_2} \hat{\mathbf{u}}_{I_2} = (\mathbf{S}_d^H \mathbf{r})_{I_2}$$

mukaisesti konjugaattigradien- tai muuta iteratiivista menetelmää soveltaen.  $\hat{\mathbf{u}}_{I_2}$  viittaa siis niihin parametreihin, joille saadaan ratkaisu rivien  $i+N, j+N$  välisellä alueella olevan informaation perusteella. Koska  $I_1$  ja  $I_2$  ovat siis osittain päällekkäin, niiden alueilla on yhteisiä tuntemattomia. Konjugaattigradien- tai muuta iteratiivista menetelmää sovellettaessa käytetään laskennassa tuntemattomien parametrien alkuarvoina edellisen havainto-  
 5 aikavälin ratkaisusta  $\hat{\mathbf{u}}_{I_1}$  niitä tuntemattomia, jotka molemmille peräkkäisten aikavälien määrittämille yhtälöille ovat yhteisiä eli tuntemattomia, jotka ovat rivien  $i+N, j$  välisellä alueella. Uusille tuntemattomille, jotka ovat rivien  $i+1, j+N$  välisellä alueella käytetään alkuarvoina  
 10  $(\mathbf{S}_d^H \mathbf{r})_{(i+1, j+N)}$  eli edellisestä vastaanotinasteesta saatavia estimaatteja kyseisille parametreille. Samalla periaatteella jatketaan seuraavien havainto-  
 15 aikavälien eli osamatriisien  $I_3, I_4, \dots$ , ollessa kyseessä.  $N$ :lle käytettävä arvo, joka siis määrää peräkkäisten havainto-  
 20 aikavälien, aikavälin koko sekä iteraatioiden lukumäärä riippuvat estimaateille haluttavasta tarkkuudesta, päätöksille haluttavasta virhetodennäköisyydestä ja mallimatriisin  $\mathbf{S}_d$  ominaisuuksista.

Kaikki kunkin osamatriisiratkaisuvektorin  $\hat{\mathbf{u}}_i$ :n sisältämät ratkaisut eivät ole yhtä tarkkoja. Vektorin sisältämisestä ratkaisusta havainto-  
 25 aikavälin keskellä olevat ratkaisut ovat tarkimpia ja ne valitaan keksinnön edullisessa toteutusmuodossa kyseisten näytteiden lopullisiksi estimaateiksi, joita tyypillisesti käytetään tulosuureina  
 30 myöhemmille jälkikäsitteily-yksiköille, kuten dekooderille tai kanavaestimaattorille.

Tarkastellaan seuraavaksi keksinnön mukaisen vastaanottimen rakennetta. Kuviossa 2 havainnollistetaan  
 35 Kuviossa on esitetty tilaajapäätelaitteen vastaanotin,

mutta keksinnön mukainen vastaanotin voi luonnollisesti sijaita myös tukiasemassa ja on olennaisilta osiltaan eli erityisesti ilmaisinelokojen toteutuksen osalta samanlainen kuin päätelaitteessa. Keksinnön mukainen vastaanotin käsittää antennin 200, jolla vastaanotettu signaali vietään radiotaajuusosille 202, jossa signaali muunnetaan välitaajuudelle. Radiotaajuusosilta signaali vietään analogia-digitaalimuuntimelle 204, jossa signaalista otetaan näytteitä ja muunnetaan digitaaliseen muotoon. Muunnettu signaali 216 vietään ilmaisinelokoon 206, jossa suoritetaan signaalin kanavaparametrien ja sisältämien haluttujen symbolien ilmaisu. Kuvion 2 esittämässä päätelaitteen vastaanottimessa ilmaistu signaali vietään kanavadekooderille 208 ja puhedekooderille 210, jonka jälkeen dekoodattu puhesignaali vietään kaiuttimelle 212. Mikäli kyseessä on tukiasemavastaanotin, vietään signaali kanavakoodauslohkon jälkeen vastaanottimen muihin osiin. Keksinnön mukainen vastaanotin käsittää edelleen ohjausvälineet 214, jotka ohjaavat muiden osien toimintaa.

Keksinnön edullisessa toteutusmuodossa vastaanotin on moniasteinen vastaanotin, jossa vastaanotettu signaali ilmaistaan kahta tai useampaa ilmaisinasetta käyttäen. Vastaanottimen ensimmäisessä asteessa lasketaan halutuille parametrille alustavat estimaatit. Jossain jälkimmäisessä asteessa lasketaan keksinnön mukaisessa ratkaisussa estimaatit iteratiivisesti liukuvaa havaintoaikaväliä käyttäen. Kuviossa 3 havainnollistetaan tarkemmin keksinnön mukaisen vastaanottimen toteutusta erityisesti ilmaisimen osalta lohkokaaavion avulla. Seuraavissa kuviossa vastaanotin on esitetty yhden etenemistien kanavassa yksinkertaisuuden takia, mutta on selvää, että keksinnön mukaista vastaanotinta voidaan käyttää myös monitiekanavassa.

Kuvion 3 vastaanotin käsittää ensimmäisenä asteena sovitettun suodatinpankin 300, johon vastaanotettu signaali 216 muuntimen 204 ulostulosta vietään. Vastaanotin käsit-

tää edelleen välineet 308 synkronoitua vastaanotettuun signaaliin, joissa välineissä siis estimoidaan eri signaalien viiveet vastaanotetusta signaalista 216. Synkronisointi voidaan toteuttaa alan ammattimiehelle tunnetuilla tavoilla. Viive-estimaatit 310 viedään sovitetulle suodatinpankille 300. Sovitetulta suodatinpankilta saatavat alustavat estimaattinäytteet 312 viedään edelleen monen käyttäjän ilmaisimelle 303, jossa estimoidaan tarkemmin vastaanotettua signaalia keksinnön mukaisella iteratiivisella menetelmällä. Ilmaisimelta signaali viedään edelleen tunnetun tekniikan mukaisille dekodausvälineille 304, joista saatavat datapäätökset 306 viedään vastaanottimen muihin osiin. Kuvion esimerkissä oletetaan, että käyttäjien lukumäärä on K.

Huomattakoon, että keksinnön mukaisessa vastaanottimessa vastaanotettu signaali voidaan muuntaa digitaaliseen muotoon myös muissa vastaanottoketjun vaiheissa kuin mitä oheisissa kuviossa on esitetty. Näytteistys ja digitalisointi voidaan esimerkiksi suorittaa vasta sovitettujen suodattimien 300 jälkeen.

Tarkastellaan seuraavaksi sovitetun suodatinpankin toteutusta, joka keksinnön mukaisessa vastaanottimessa voidaan toteuttaa alan ammattimiehelle tunnetuilla tavoilla. Kuviossa 4a havainnollistetaan erästä mahdollista tapaa toteuttaa sovitettu suodatinpankki 300. Digitaaliseen muotoon saatettu signaali 216 viedään joukolle vastaanotetun signaalin hajotuskoodeille sovitettuja suodattimia 400a - 400c. Sovitettujen suodattimien ulostulosignaalia otetaan näytteitä näytteenottovälineillä 402a - 402c. Näytteitä otetaan ajan  $t = nT + \tau_k$  välein, missä T on symboliaikaväli, n positiivinen kokonaisluku ja  $\tau_k$  k:nnen käyttäjän viive, joka saadaan synkronisointilohkolta 308 (kuviossa 3).

Kuviossa 4b havainnollistetaan toista mahdollista tapaa toteuttaa sovitettu suodatinpankki 300 käyttäen kor-

rellaattoreita. Digitaaliseen muotoon saatettu signaali 216 viedään kertojille 404a - 404c, joissa signaali kerrotaan käyttäjien hajotuskoodilla 408a - 408c. Kerrottu signaali viedään joukolle summaimia 406a - 406c, joiden ulostulosignaalista otetaan näytteitä näyttöönottovälineillä 402a - 402c, kuten aiemmin on kuvattu. Kummankin ylläkuvatun toteutusvaihtoehdon tapauksessa sovitettun suodatintankin ulostulosignaali 312 käsittää alustavat estimaatit vastaanotetuista symboleista, jotka estimaatit viedään edelleen estimaattorille 302.

Tarkastellaan seuraavaksi tarkemmin keksinnön mukaisen vastaanottimen ilmaisimen 303 rakennetta. Ilmaisimessa estimoidaan siis vastaanotettua signaalia keksinnön mukaisella iteratiivisella menetelmällä. Kuviossa 5a havainnollistetaan ilmaisimen erästä edullista toteutusta lohkokaa-vion avulla. Ilmaisimessa käsittää hajotuskoodigeneraattorin, joka generoi tarvittavat eri käyttäjien hajotuskoodit. Koodit viedään viive-elimelle 502, jossa kukin koodi saatetaan oikeaan vaiheeseen synkronisointi-lohkolta tulevan viive-informaation 310 perusteella. Viive-elin voidaan toteuttaa esimerkiksi siirtorekisterin avulla. Oikeaan vaiheeseen saatetut hajotuskoodit viedään varsinaiselle ilmaisinelokolle 500, johon tuodaan myös signaali 312 vastaanottimen edellistä asteesta sekä signaali 216 suoraan analogia-digitaalimuuntimelta.

Ilmaisinelokossa 500 suoritetaan edellä kuvattu iteratiivinen algoritmi haluttujen signaaliparametrien kuten symboli-informaation estimoimiseksi tarkastelemalla signaalia 216 rajoitetun havaintoaikavälin avulla ja liu'utamalla aikaväliä siten, että peräkkäiset aikavälit ovat osittain päällekkäiset. Ilmaisineloko 500 voidaan toteuttaa esimerkiksi yleiskäyttöisen digitaalisen signaaliprosessorin tai vastaavat toiminnot toteuttavan ohjelmoitavan porttilogiikan avulla, sekä myös erillisprosessoritoteutuksella kuten esimerkiksi ASIC-piirillä tai muulla

mikroprosessoripohjaisella toteutuksella. Iteroinnissa käytetään alkuarvoina siis edellisen iteraatiokierroksen tuloksia niiltä osin kuin ne ovat saatavilla sekä vastaanottimen edelliseltä asteelta saatavia estimointituloksia 312. Ilmaisinelokossa lasketut symbolit 508 viedään edelleen vastaanottimen dekooderille. Toteutuksen etuna on se, ettei siinä ole tarpeen laskea hajotuskoodien korrelaatioita, jotka saattavat ajan myötä muuttua ja täten tarvita päivitystä.

10           Kuviossa 5b havainnollistetaan ilmaisimen toista edullista toteutusta lohkokaaavion avulla. Tämä toteutusmuoto poikkeaa edellisestä siinä, että vastaanotin käsittelee välineet 506 laskea hajotuskoodien ristikorrelaatiot viive-informaation 310 perusteella. Korrelaatioiden laskenta voidaan helposti toteuttaa signaalinkäsittelynkeinoin kuten on alan ammattimiehelle selvää.

15           Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaisiin esimerkkeihin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut niihin, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

## Patenttivaatimukset:

1. Vastaanottomenetelmä, jossa vastaanotetusta signaalista otetaan näytteitä, ja jossa vastaanotetusta signaalista mitataan signaalin sisältämien lähetteiden keskinäiset viiveet ja lähetteiden voimakkuudet, jotka sanottu lähetteet ovat peräisin yhdeltä tai useammalta lähettimeltä, ja jossa vastaanotetun signaalin parametreille lasketaan estimaatit kahdessa tai useammassa vastaanotinasteessa (300, 302), joista jossain jälkimmäisessä asteessa (302) signaalia käsitellään iteratiivisesti annetun mittaisen useita näytteitä käsittävän liukuvan havaintoaikavälin avulla, t u n n e t t u siitä, että
- peräkkäiset havaintoaikavälit ( $I_1, I_2$ ) ovat osittain päällekkäisiä, ja että
- laskettaessa kussakin havaintoaikavälissä parametrien estimaatteja käytetään alkuarvoina edellisen havaintoaikavälin antamia estimaatteja ja päätöksiä niiden näytteiden osalta, jotka kuuluvat edellisen havaintoaikavälin piiriin, ja
- edellisen asteen antamia estimaatteja niiden näytteiden osalta, jotka eivät kuuluneet edellisen havaintoaikavälin piiriin.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kullekin parametrille valitaan lopulliseksi estimaatiksi se arvo, joka on laskettu havaintoaikavälin keskellä.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että signaalin estimoitavat parametrit käsittävät vastaanotetut usean käyttäjän symbolit.
4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että signaalin estimoitavat parametrit käsittävät kompleksiset amplitudit.
5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että havaintoaikavälin koko valitaan



estimaateille haluttavan tarkkuuden ja päätöksille haluttavan virhetodennäköisyyden perusteella.

5 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -  
n e t t u siitä, että peräkkäisten havaintoaikavälien  
päällekkäisten osien koko valitaan estimaateille halutta-  
van tarkkuuden ja päätöksille haluttavan virhetodennäköi-  
syyden perusteella.

10 7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -  
n e t t u siitä, että iteraatioiden lukumäärä valitaan  
estimaateille haluttavan tarkkuuden ja päätöksille halut-  
tavan virhetodennäköisyyden perusteella.

15 8. Vastaanotin, joka käsittää välineet (206, 308)  
mitata vastaanotetusta signaalista signaalin sisältämien  
läheteiden keskinäiset viiveet ja läheteiden voimakkuu-  
det, jotka sanotut läheteet ovat peräisin yhdeltä tai  
useammalta lähettimeltä,

välineet (300, 302), jotka on sovitettu laskemaan  
estimaatit vastaanotetun signaalin parametreille kahdessa  
tai useammassa asteessa,

20 välineet (204) ottaa vastaanotetusta signaalista  
näytteitä,

välineet (500) käsitellä signaalia iteratiivisesti  
annetun mittaisen useita näytteitä käsittävän havaintoaikavälin avulla, ja

25 välineet (500, 214) liu'uttaa havaintoaikaväliä saa-  
puneitten näytteitten yli, t u n n e t t u siitä, että  
vastaanotin käsittää

30 välineet (500, 214) liu'uttaa havaintoaikaväliä si-  
ten, että peräkkäiset havaintoaikavälit ( $I_1$ ,  $I_2$ ) ovat osit-  
tain päällekkäisiä, ja

35 välineet (500) käyttää laskettaessa kussakin havain-  
toaikavälissä parametrien estimaatteja ja päätöksiä alku-  
arvoina edellisen havaintoaikavälin antamia estimaatteja  
niiden näytteiden osalta, jotka kuuluvat edellisen havain-  
toaikavälin piiriin ja edellisen asteen antamia estimaat-

teja niiden näytteiden osalta, jotka eivät kuuluneet edellisen havaintoikkunan piiriin.

5 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (500, 214) valita kullekin parametrille lopulliseksi estimaatiksi se arvo, joka on laskettu havaintoaikavälin keskellä.

10 10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (500, 214) säätää havaintoaikavälin kokoa estimaateille haluttavan tarkkuuden ja päätöksille haluttavan virhetodennäköisyyden perusteella.

15 11. Patenttivaatimuksen 8 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (500, 214) säätää iteraatioiden lukumäärä estimaateille haluttavan tarkkuuden ja päätöksille haluttavan virhetodennäköisyyden perusteella.

20 12. Patenttivaatimuksen 8 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (500, 214) säätää peräkkäisten havaintoaikavälien päällekkäisten osien kokoa estimaateille haluttavan tarkkuuden ja päätöksille haluttavan virhetodennäköisyyden perusteella.

25 13. Patenttivaatimuksen 8 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (504) generoida vastaanotossa tarvittavat hajotuskoodit ja välineet (502) vaiheistaa generoidut hajotuskoodit vastaanotettua signaalin kanssa samanvaiheisiksi.

**Patentkrav**

1. Mottagningsförfarande, i vilket sampel tas ur en mottagen signal och i vilket sändningarnas inbördes fördröjningar och sändningarnas styrkor mäts i den mottagna signalen, vilka sändningar härstammar från en eller flera sändare, och i vilket förfarande estimat för den mottagna signalens parametrar beräknas i två eller flera mottagars-teg (300, 302), varvid signalen behandlas iterativt i något av de senare stegen (302) med hjälp av ett glidande observationsintervall av given längd som omfattar flera sampel, k ä n n e t e c k n a t av att

successiva observationsintervall ( $I_1, I_2$ ) överlappar delvis, och att

man vid beräkning av parameterestimat i varje observationsintervall som utgångsvärden använder estimat och beslut från det föregående intervallet för de sampel som omfattas av det föregående observationsintervallet och estimat från det föregående steget för de sampel som inte ingår i det föregående observationsfönstret.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att det värde som beräknats i mitten av ett observationsintervall väljs som det slutliga estimatet för varje parameter.

3. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att de signalparametrar som skall estimeras omfattar mottagna symboler för flera användare.

4. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att de signalparametrar som skall estimeras omfattar komplexa amplituder.

5. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att observationsintervallets storlek väljs utgående från den exakthet som estimaten önskas ha och utgående från den felsannolikhet besluten önskas ha.

6. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e -  
t e c k n a t av att storleken av de överlappande delarna  
i de successiva observationsintervallen väljs utgående  
från den exakthet estimaten önskas ha och den felsannolik-  
het besluten önskas ha.

7. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e -  
t e c k n a t av att antalet iterationer väljs utgående  
från den exakthet estimaten önskas ha och den felsannolik-  
het besluten önskas ha.

8. Mottagare, som omfattar organ (206, 308) för att  
ur en mottagen signal mäta inbördes fördröjningar och  
styrkor hos sändningarna som ingår i signalen, vilka sänd-  
ningar härstammar från en eller flera sändare,  
organ (300, 302), som är anordnade att beräkna es-  
timat för mottagna signalparametrar i två eller flera  
steg,

organ (204) som samplar den mottagna signalen,  
organ (500) som behandlar signalen iterativt med  
hjälp av ett observationsintervall av given längd som om-  
fattar flera sampel, och

organ (500, 214) som låter observationsintervallet  
glida över de mottagna samplen, k ä n n e t e c k n a d  
av att mottagaren omfattar

organ (500, 214) som låter observationsintervallet  
glida så att successiva observationsintervall ( $I_1$ ,  $I_2$ )  
överlappar delvis, och

organ (500) som vid beräkning av parameterestimat  
och beslut i varje observationsintervall som utgångsvärden  
använder estimat från ett föregående intervall för de sam-  
pel som omfattas av det föregående intervallet och estimat  
från det föregående steget för de sampel som inte ingår i  
det föregående observationsfönstret.

9. Mottagare enligt patentkrav 8, k ä n n e -  
t e c k n a d av att mottagaren omfattar organ (500, 214)  
som som det slutliga estimatet för varje parameter väljer

det värde som beräknats i mitten av observationsintervallet.

5           10. Mottagare enligt patentkrav 8, k ä n n e -  
t e c k n a d av att mottagaren omfattar organ (500, 214)  
som reglerar observationsintervallets storlek utgående  
från den exakthet estimaten önskas ha och den felsannolik-  
het besluten önskas ha.

10           11. Mottagare enligt patentkrav 8, k ä n n e -  
t e c k n a d av att mottagaren omfattar organ (500, 214)  
som reglerar antalet iterationer utgående från den exakt-  
het estimaten önskas ha och den felsannolikhet besluten  
önskas ha.

15           12. Mottagare enligt patentkrav 8, k ä n n e -  
t e c k n a d av att mottagaren omfattar organ (500, 214)  
som reglerar storleken av de överlappande delarna i de  
successiva observationsintervallen utgående från den  
exakthet estimaten önskas ha och den felsannolikhet beslu-  
ten önskas ha.

20           13. Mottagare enligt patentkrav 8, k ä n n e -  
t e c k n a d av att mottagaren omfattar organ (504) som  
genererar vid mottagningen erforderliga spridningskoder  
och organ (502) som inställer de genererade spridningsko-  
derna i samma fas med den mottagna signalen.

$$S = \begin{bmatrix} S_1^{(-M(k))} & & & & \bigcirc \\ S_2^{(-M(k))} & S_1^{(-M(k)+1)} & & & \\ & S_2^{(-M(k)+1)} & S_1^{(-M(k)+2)} & & \\ & & S_2^{(-M(k)+2)} & \ddots & \\ & \bigcirc & & & \end{bmatrix}$$

Fig. 1a

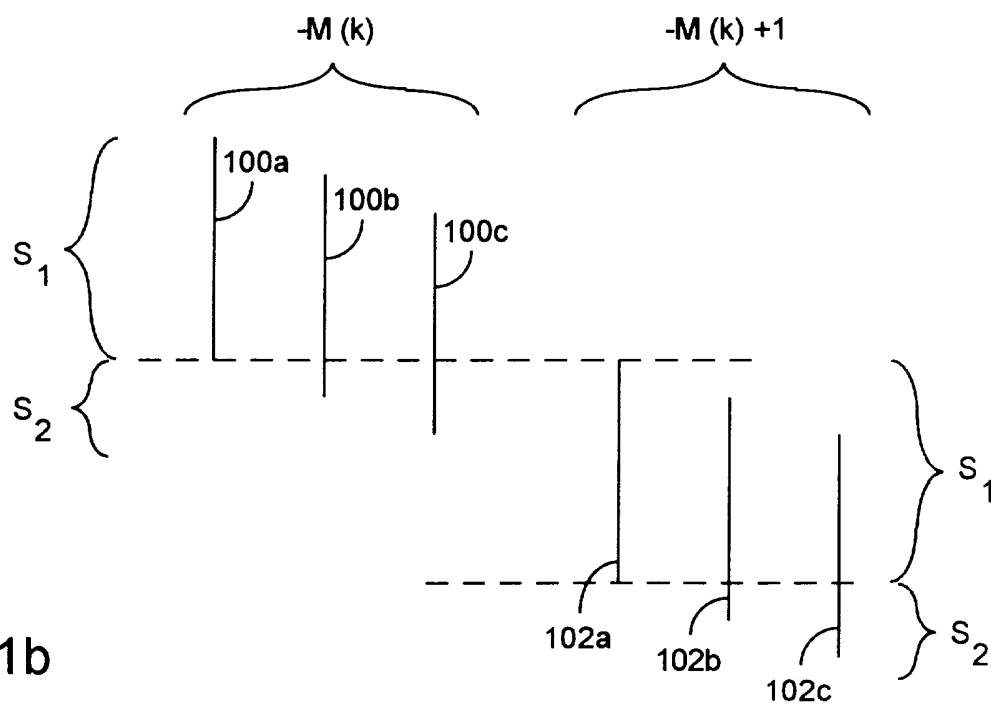


Fig. 1b

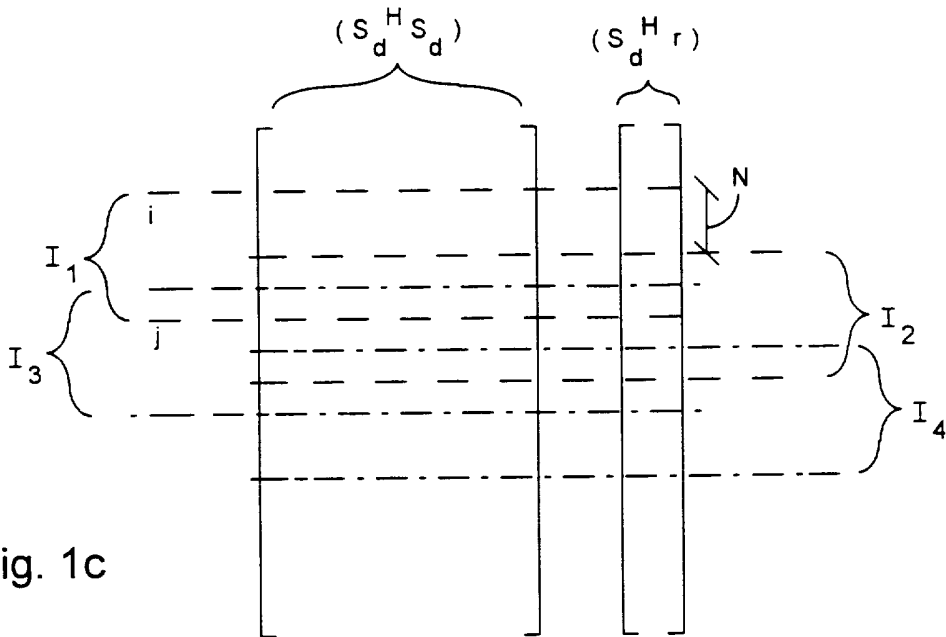


Fig. 1c

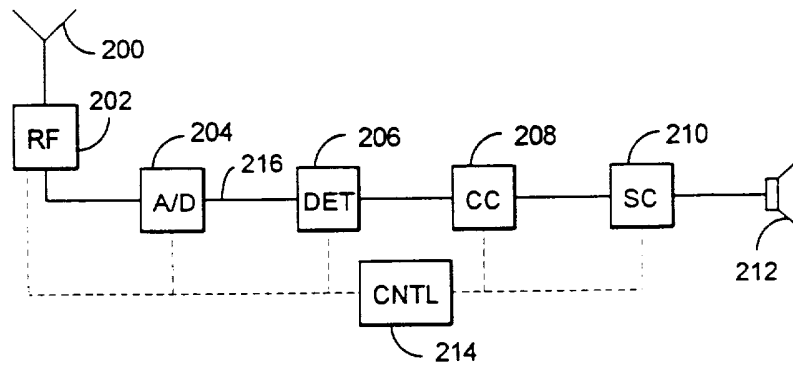


Fig. 2

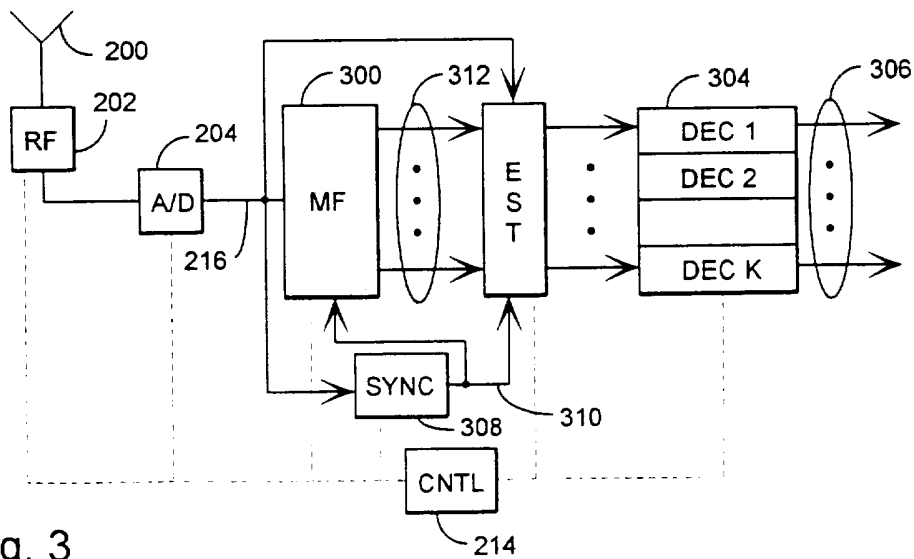


Fig. 3

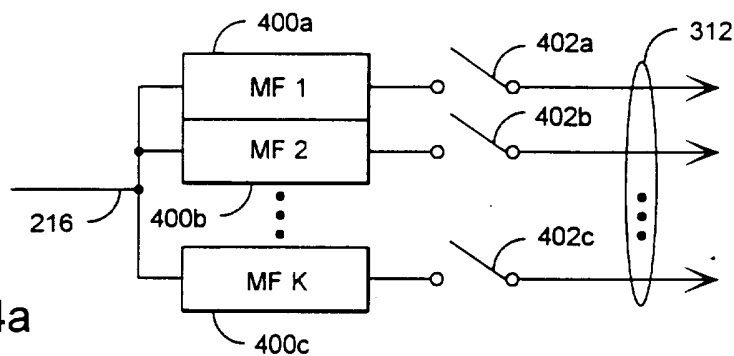


Fig. 4a

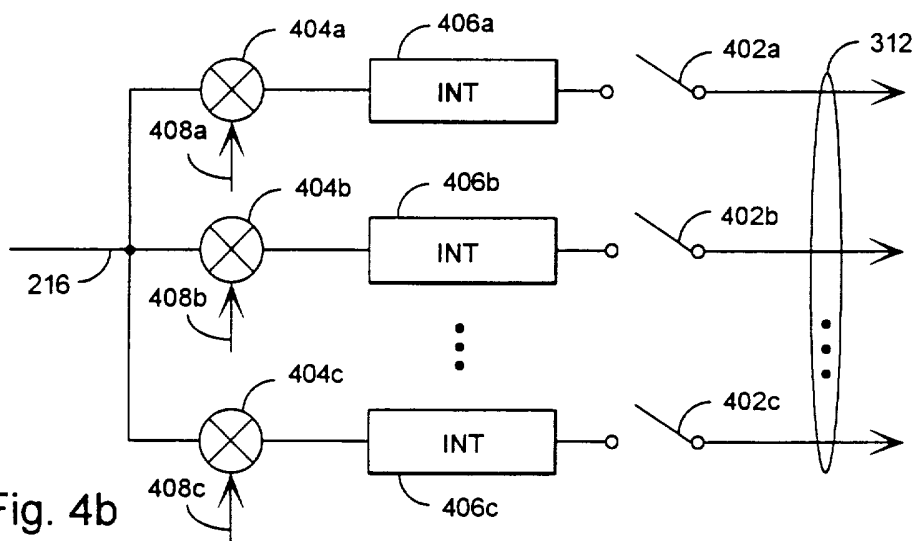


Fig. 4b

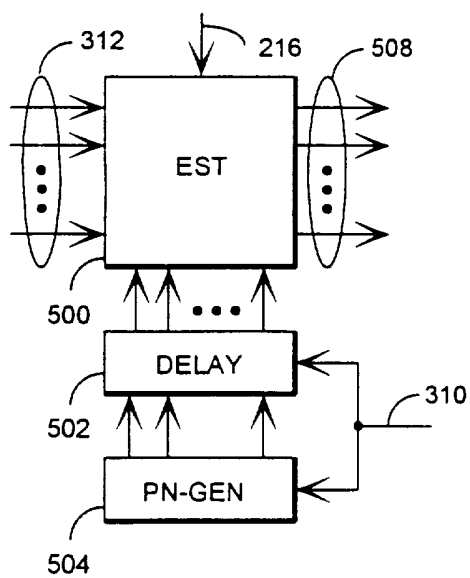


Fig. 5a

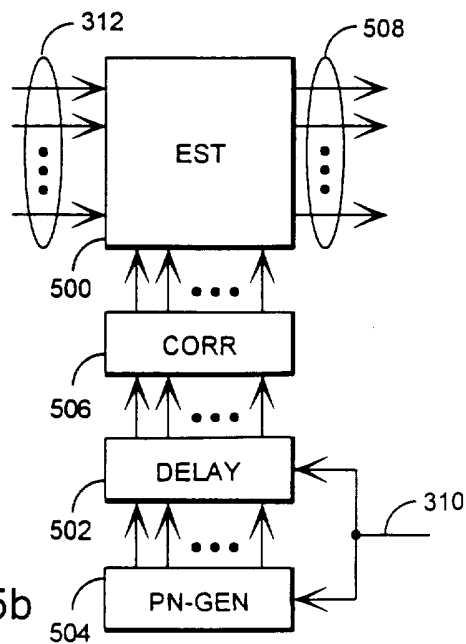


Fig. 5b