



FI 000114248B

# SUOMI – FINLAND (FI)

## PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

### (12) PATENTTIJULKAISU PATENTSKRIFT

(10) FI 114248 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

15.09.2004

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

G10L 19/00, H04B 1/66

(21) Patentihakemus - Patentansökning

971108

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

14.03.1997

(24) Alkupäivä - Löpdag

14.03.1997

(41) Tullut julkiseksi - Blivt offentlig

15.09.1998

(73) Haltija - Innehavare

1 •Nokia Corporation, Helsinki, Keilalahdentie 4, 02150 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Yin, Lin, Insinöörinkatu 60 D 219, 33720 Tampere, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Johansson Folke c/o Nokia Oyj/IPR-osasto  
PL 226, 00045 NOKIA GROUP

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

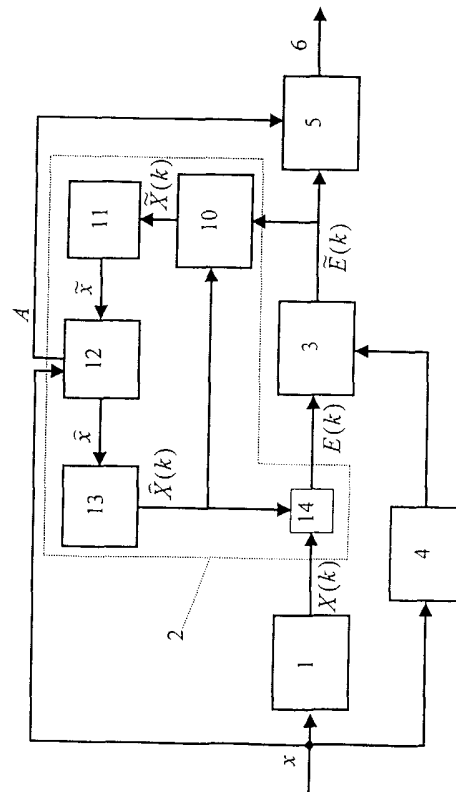
**Menetelmä ja laite audiokoodaukseen ja audiodekoodaukseen  
Förfarande och anordning för audiokodning och audioavkodning**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US 5206884 A

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Menetelmä ja laitteet audiosignaalin koodaamiseksi ja dekoodaamiseksi. Audiosignaalin koodaaminen käsittää koodattavan audiosignaalin  $x$  vastaanottamisen ja vastaanotetun signaalin muuntamisen aikatasosta taajuustasoon. Kvantisoitu audiosignaali  $\tilde{x}$  muodostetaan muunnetun audiosignaalin  $x$  perusteella yhdessä pitkän aikavälin ennustuskertoimien  $A$  kanssa, joita ennustuskertoimia voidaan käyttää vastaanotetun audiosignaalin käsiteltävänä olevan aikakehyksen ennustamiseen suoraan yhden tai useamman kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  aikaisemman aikakehyksen perusteella. Ennustettu audiosignaali  $\tilde{x}$  muodostetaan käyttäen ennustuskertoimia  $A$ . Ennustettu audiosignaali  $\tilde{x}$  muunnetaan tämän jälkeen aikatasosta taajuustasoon ja tuloksena saatavaa taajuustason signaalia verrataan vastaanotettuun audiosignaaliin  $x$  virhesignaalin  $E(k)$  muodostamiseksi kutakin lukuista taajuusaliikaistaa kohti. Tämän jälkeen virhesignaalit  $E(k)$  kvantisoidaan kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  joukon muodostamiseksi, jotka virhesignaalit yhdistetään ennustuskertoimien  $A$  kanssa koodatun audiosignaalin muodostamiseksi.



Ett förfarande och anordningar för kodning och dekodning av en audiosignal. Kodningen av audiosignalen innefattar mottagning av en audiosignal  $x$  som ska kodas, och transformering av den mottagna signalen från tids- till frekvensdomän. En kvantiserad audiosignal  $\tilde{x}$  genereras från den transformerade audiosignalen  $x$  tillsammans med en uppsättning långsiktiga predikteringskoefficienter  $A$ , vilka kan användas för att prediktera en aktuell tidsram för den mottagna audiosignalen direkt med utgångspunkt i en eller flera föregående tidsramar för den kvantiserade audiosignalen  $\tilde{x}$ . En predikerad audiosignal  $\hat{x}$  genereras med hjälp av predikteringskoefficienterna  $A$ . Den predikerade audiosignalen  $\hat{x}$  transformeras sedan från tids- till frekvensdomän, och den på så sätt erhållna frekvensdomänsignalen jämförs med den mottagna audiosignalen  $x$  så att en felsignal  $E(k)$  genereras för vart och ett av ett flertal frekvensunderband. Felsignalerna  $E(k)$  kvantiseras sedan så att en uppsättning kvantiserade felsignaler  $\tilde{E}(k)$  genereras, vilka kombineras med predikteringskoefficienterna  $A$  för att generera en kodad audiosignal.

Menetelmä ja laite audiokoodaukseen ja audiodekoodaukseen

Esillä oleva keksintö koskee audiokoodausmenetelmää ja -laitetta, sekä audiodekoodausmenetelmää ja -laitetta.

5

On yleisesti tunnettua, että lähettämällä data digitaalimuodossa saavutetaan tiedonsiirtokanavalla paremmat signaali-kohina suhteet ja kasvanut informaatiokapasiteetti. On kuitenkin olemassa jatkuva halu lisätä kanavan kapasiteettia kompressoimalla digitaalisia signaaleja vielä enemmän.

10 Audiosignaalien suhteen sovelletaan kahta kompression perusperiaatetta. Näistä ensimmäinen käsittää lähtösignaalissa olevien tilastollisten tai determinististen redundanssien poistamisen ja toinen taas käsittää sellaisten elementtien vaimentamisen tai eliminoinnin lähtösignaalista, jotka ovat redundantteja ihmisaistien kannalta. Viime aikoina jälkimmäisestä periaatteesta on tullut  
15 vallitseva korkealuokkaisissa audiosovelluksissa ja siihen kuuluu tyypillisesti audiosignaalin jakaminen taajuuskomponentteihinsa (joita joskus kutsutaan "alikaistoiksi"), joista kukin analysoidaan ja kvantisoidaan kvantisointitarkkuudella jonka katsotaanpoistavan (kuulijan kannalta) epäoleellisen datan. ISO (International Standards Organization) MPEG (Moving Picture Expert Group)  
20 audiokoodausstandardi ja muut audiokoodaus-standardit käyttävät ja edelleen tarkentavat tätä periaatetta. Kuitenkin, MPEG (ja muut standardit) käyttävät myös tekniikkaa, joka tunnetaan nimellä "adaptiivinen (mukautuva) ennustaminen" saadakseen aikaan datan nopeuden alenemisen edelleen.

25 Uuden MPEG-2 AAC standardin mukaisen kooderin toiminta on kuvattu yksityiskohtaisesti kansainvälisen standardidokumentin luonnoksessa ISO/IEC DIS 13818-7. Tämä uusi MPEG-2 soveltaa lineaarista taaksepäin ennustusta käyttäen 672 taajuuskomponenttia 1024:sta. On odotettavissa, että uusi MPEG-4 standardi sisältää vastaavat vaatimukset. Kuitenkin, noin suuri määrä  
30 taajuuskomponentteja johtaa suuriin laskennan aiheuttamiin kustannuksiin johtuen ennustusalgoritmin monimutkaisuudesta ja se edellyttää myös että käytettävissä on runsaasti muistia laskettujen- ja välikertoimien tallentamista varten. On

yleisesti tunnettua, että kun tämän tyyppisiä taaksepäin ennustimia käytetään taajuustasossa, on vaikeaa vähentää edelleen laskentakuormituksia ja muistivaatimuksia. Tämä johtuu siitä, että taajuustasossa ennustimien määrä on niin suuri, että hyvin yksinkertainenkin algoritmi johtaa monimutkaiseen laskentaan ja suuriin muistivaatimuksiin. Vaikka tätä ongelmaa osataankin väistää käyttämällä eteenpäin ennustavia adaptiivisia ennustimia, jotka päivitetään enkooderissa ja lähetetään dekodeerille, eteenpäin ennustavien adaptiivisten ennustimien käyttö taajuustasossa väistämättä johtaa suureen määrään "sivuinformaatiota" ennustimien suuresta määrästä johtuen.

10

Esillä olevan keksinnön tarkoitus on voittaa tunnettujen ennustusmenetelmien haitat, tai ainakin lieventää niitä.

Tämä ja muut tavoitteet saavutetaan koodaamalla audiosignaali käyttäen virhesignaaleja poistamaan redundanssit jokaisesta monista audiosignaalin taajuuden alikaistoista ja lisäksi synnyttämään pitkän aikavälin aikatason ennustekertoimia, jotka mahdollistavat audiosignaalin kehyksen ennustamisen yhden tai useamman aikaisemman kehyksen perusteella.

20 Esillä olevan keksinnön ensimmäisessä toteutusmuodossa esitetään menetelmä audiosignaalin koodaamiseksi, joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

vastaanotetaan koodattava signaali  $x$ ;

muodostetaan taajuusalikaistoja vastaanotetun audiosignaalin aikakehyksestä;

25 muodostetaan kvantisoitu audiosignaali  $\tilde{x}$  vastaanotetun audiosignaalin  $x$  perusteella;

muodostetaan pitkän aikavälin ennustuskertoimien  $A$  sarja;

jolle menetelmälle on tunnusomaista se, että

30 ennustetaan vastaanotetun audiosignaalin käsiteltävänä oleva aikakehys käyttäen pitkän aikavälin ennustuskertoimien  $A$  sarjaa kullekin aikakehyksen taajuusalikaistoista suoraan ainakin yhden kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  aikaisemman aikakehyksen perusteella;

käytetään ennustuskertoimien  $A$  sarjaa ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muodostamiseksi kvantisoidusta audiosignaalista  $\tilde{x}$ ;

verrataan vastaanotettua audiosignaalia  $x$  ennustettuun audiosignaaliin  $\hat{x}$  ja muodostetaan virhesignaali  $E(k)$  kullekin lukuisista taajuusalikaistoista;

5 kvantisoidaan virhesignaalit  $E(k)$  kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$

joukon muodostamiseksi; ja

yhdistetään kvantisoidut virhesignaalit  $\tilde{E}(k)$  ja ennustuskertoimet  $A$  koodatun audiosignaalin muodostamiseksi.

- 10 Esillä oleva keksintö tarjoaa audiosignaalin kompressoinnin käyttäen eteenpäin ennustusta aikatasossa. Kutakin vastaanotetun signaalin aikakehystä kohti tarvitsee luoda ja lähettää vain yksi ryhmä eteenpäin ennustuksen ennustekertoimia dekooderille lähetettäväksi. Tämä poikkeaa tunnetuista eteenpäin ennustuksen tekniikoista, joissa täytyy luoda joukko ennustekertoimia
- 15 jokaisen kehysten jokaista alikaistaa kohti. Verrattuna ennustehyötyihin, jotka saavutetaan esillä olevan keksinnön avulla, pitkän aikavälin ennustimen sivuinformaatio on merkityksetön.

- Eräät keksinnön toteutusmuodot mahdollistavat laskennan monimutkaisuuden ja
- 20 muistivaatimusten vähentämisen. Erityisesti, verrattuna taaksepäin ennustuksen käyttöön, ei ole tarvetta laskea uudelleen ennustekertoimia dekooderissa. Eräät keksinnön toteutusmuodot kykenevät myös vastaamaan signaalin muutoksiin tavanomaisia taaksepäin ennustavia ennustimia nopeammin.

- 25 Eräässä keksinnön toteutusmuodossa vastaanotettu audiosignaali  $\chi$  muunnetaan kehyksissä  $x_m$  aikatasosta taajuustasoon taajuusalikaistasignaalien  $X(k)$  joukon saamiseksi. Ennustettu audiosignaali  $\hat{x}$  muunnetaan samalla tavalla aikatasosta taajuustasoon ennustettujen taajuus-alikaistasignaalien  $\hat{X}(k)$  luomiseksi ja vertailu vastaanotetun audiosignaalin  $\chi$  ja ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  välillä
- 30 suoritetaan taajuustasossa, vertaamalla toisiaan vastaavia alikaistasignaaleja keskenään taajuusalikaista-virhesignaalien  $E(k)$  luomiseksi. Kvantisoitu

audiosignaali  $\hat{x}$  synnytetään yhdistämällä ennustettu signaali ja kvantisoitu virhesignaali joko aikatasossa tai taajuustasossa.

- Eräässä keksinnön vaihtoehtoisessa toteutusmuodossa vertailu vastaanotetun audiosignaalin  $\chi$  ja ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  välillä suoritetaan aikatasossa, myös aikatasossa olevan virhesignaalin  $e$  luomiseksi. Tämä virhesignaali  $e$  muunnetaan sitten aikatasosta taajuustasoon mainitun taajuusalikaista-virhesignaalien  $E(k)$  joukon luomiseksi.
- 10 Virhesignaalien kvantisointi suoritetaan edullisesti psyko-akustisen mallin mukaisesti.

Esillä olevan keksinnön erään toisen toteutusmuodon mukaisesti nyt on keksitty menetelmä koodatun audiosignaalin dekodaaamiseksi, jossa menetelmässä vastaanotetaan koodattu audiosignaali joka sisältää kvantisoidun virhesignaalin  $\tilde{E}(k)$  kutakin audiosignaalin lukuisaa taajuusalikaistaa kohti ja, kutakin audiosignaalin kehystä kohti joukon ennustuskertoimia  $A$ , ja jolle menetelmälle on tunnusomaista se, että:

- ennustuskertoimien joukkoa  $A$  voidaan käyttää vastaanotetun audiosignaalin käsiteltävän aikakehyksen  $x_m$  kunkin taajuusalikaistan ennustamiseen ainakin yhden rekonstruoidun kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  aikaisemman kehysten perusteella;

- muodostetaan mainittu rekonstruoitu kvantisoitu audiosignaali  $\tilde{x}$  kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  perusteella; ja
- 25 käytetään ennustuskertoimia  $A$  ja rekonstruoituja kvantisoituja audiosignaaleja  $\tilde{x}$  ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muodostamiseksi, jolloin mainittu rekonstruoitu kvantisoitu audiosignaali muodostetaan yhdistämällä kvantisoidut virhesignaalit  $\tilde{E}(k)$  ja ennustettu audiosignaali  $\hat{x}$ .

- 30 Dekoodausmenetelmä voi sisältää vaiheen, jossa ennustettu audiosignaali  $\hat{x}$  muunnetaan aikatasosta taajuustasoon, jotta saadaan joukko ennustettuja

taajuusalikaistasignaaleja  $\hat{X}(k)$  yhdistettäväksi kvantisoituihin virhesignaaleihin  $\tilde{E}(k)$  rekonstruoitujen taajuusalikaistasignaalien  $\tilde{X}(k)$  joukon luomiseksi. Tämän jälkeen rekonstruoitu kvantisoitu audiosignaali  $\tilde{x}$  luodaan suorittamalla rekonstruoiduille taajuusalikaistasignaaleille  $\tilde{X}(k)$  muunnos taajuustasosta aikatasoon. Tämä toteutusmuoto on erityisen sovelias silloin, kun vastaanotetaan ainoastaan alaryhmä kaikista mahdollisista kvantisoiduista virhesignaaleista  $\tilde{E}(k)$  ja osa alikaistatiedoista lähetetään suoraan lähettämällä audioalikaistasignaalit  $X(k)$ . Signaalit  $\tilde{X}(k)$  ja  $X(k)$  yhdistetään asianmukaisesti ennen taajuus-aika muunnoksen suorittamista.

10

Eräässä dekodausmenetelmän vaihtoehtoisessa toteutusmuodossa menetelmään sisältyy alkuvaihe, jossa muunnetaan kvantisoidut virhesignaalit  $\tilde{E}(k)$  taajuustasosta aikatasoon kvantisoidun aikataason virhesignaalin  $\varepsilon$  luomiseksi. Tämä virhesignaali yhdistetään sen jälkeen suoraan ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  kanssa rekonstruoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  luomiseksi.

15

Esillä olevan keksinnön erään kolmannen toteutusmuodon mukaisesti nyt on keksitty laite audiosignaalin koodaamiseen, joka laite käsittää:

sisäänmenon koodattavan audiosignaalin  $x$  vastaanottamiseksi;

20

ensimmäiset generointivälineet (1) taajuusalikaistojen muodostamiseksi vastaanotetun audiosignaalin aikakehyksestä;

mainittuun sisäänmenoon kytketyt prosessointivälineet (2,3;15-19)

kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  muodostamiseksi vastaanotetun

audiosignaalin  $x$  perusteella; ja jolle laitteelle on tunnusomaista se, että laite

25

käsittää:

mainittuihin prosessointivälineisiin (3) liitetyt ennustusvälineet (12;19)

pitkän aikavälin ennustuskertoimien  $A$  joukon muodostamiseksi käytettäväksi

kullekin aikakehyksen taajuusalikaistalle vastaanotetun audiosignaalin  $x$

käsiteltävänä olevan aikakehyksen  $x_m$  ennustamiseksi suoraan ainakin

30

yhden kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  aikaisemman kehyksen perusteella;

toiset generointivälineet (10-14;20,15) ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$

muodostamiseksi käyttäen pitkän aikavälin ennustuskertoimia  $A$  ja

kvantisoitua audiosignaalia  $\tilde{x}$  ja vastaanotetun audiosignaalin  $x$  vertaamiseksi ennustettuun audiosignaaliin  $\hat{x}$  virhesignaalin  $E(k)$  muodostamiseksi kullekin lukuisista taajuusalikaistoista;

kvantisointivälineet (3;17) virhesignaalien  $E(k)$  kvantisoimiseksi  
 5 kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  joukon muodostamiseksi; ja  
 yhdistämisvälineet (5;21) kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  yhdistämiseksi ennustuskertoimiin  $A$  koodatun audiosignaalin muodostamiseksi.

10 Eräässä toteutusmuodossa mainitut generointivälineet käsittävät ensimmäiset muunnosvälineet vastaanotetun audiosignaalin  $\chi$  muuntamiseksi aikatasosta taajuustasoon ja toiset muunnosvälineet ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muuntamiseksi aikatasosta taajuustasoon, sekä vertailuvälineet jotka on järjestetty vertailemaan saatuja taajuustason signaaleja taajuustasossa.

15 Eräässä keksinnön vaihtoehdoissa toteutusmuodossa generointivälineet on järjestetty vertailemaan vastaanotettua audiosignaalia  $\chi$  ja ennustettua audiosignaalia  $\hat{x}$  aikatasossa.

20 Erään esillä olevan keksinnön neljännen toteutusmuodon mukaisesti on keksitty laite vastaanotetun koodatun audiosignaalin  $\chi$  dekodeamiseksi, jolle laitteelle on tunnusomaista se, että:

koodattu audiosignaali sisältää kvantisoidun virhesignaalin  $\tilde{E}(k)$  kutakin lukuisaa audiosignaalin taajuusalikaistaa kohti ja sarjan ennustuskertoimia  $A$  käytettäväksi kullekin audiosignaalin aikakehyksen taajuusalikaistalle ja jossa  
 25 ennustuskertoimia  $A$  voidaan käyttää ennustamaan vastaanotetun audiosignaalin käsiteltävä kehys  $x_m$  ainakin yhden rekonstruoidun kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  aikaisemman kehyksen perusteella, joka laite käsittää:

30 sisäänmenon koodatun audiosignaalin vastaanottamiseksi;



generoimisvälineet (24,25,9) rekonstruoidun kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  muodostamiseksi kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  perusteella; ja

5 signaalinkäsittelyvälineet (26) ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muodostamiseksi ennustuskertoimien  $A$  ja mainitun rekonstruoidun kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  perusteella,

jossa mainitut generoimisvälineet käsittävät yhdistämisvälineet (24,25) ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  ja kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  yhdistämiseksi rekonstruoidun kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  muodostamiseksi.

10

Seuraavassa keksinnön ymmärtämiseksi paremmin ja keksinnön toteuttamisen havainnollistamiseksi esimerkkien avulla viitataan oheisiin kuviin, joissa:

Kuva 1 esittää kaaviona kooderia vastaanotetun audiosignaalin koodaamiseksi, Kuva 2 esittää kaaviona dekodeeria Kuvan 1 mukaisella kooderilla koodatun

15 audiosignaalin dekodeeraamiseksi,

Kuva 3 esittää tarkemmin Kuvan 1 mukaista kooderia ja kooderin sisältämää ennustustyökalua;

Kuva 4 esittää tarkemmin Kuvan 2 mukaista dekodeeria ja dekodeerin sisältämää ennustustyökalua; ja

20 Kuva 5 esittää tarkemmin erästä Kuvan 1 mukaisen kooderin muunnosta, joka käsittää vaihtoehdoisen ennustustyökalun.

Kuva 1 esittää lohkokaaaviona enkooderin, joka suorittaa koodaustoiminnon, joka on määritelty yleisluontoisesti standardissa MPEG-2 AAC. Sisääntulo kooderille on näytteistetty yksivaiheinen signaali  $x$ , jonka näytepisteet on ryhmitelty aikakehyksiin tai  $2N$  pisteen ryhmiin, esim.

25

$$x_m = (x_m(0), x_m(1), \dots, x_m(2N-1))^T \quad (1)$$

jossa  $m$  on ryhmän tunnus ja  $T$  ilmaisee transpoosi-operaation. Näytepisteiden ryhmittely tehdään suodatinpankkityökalulla 1, joka suorittaa myös muunnetun erillisen kosinimuunnoksen (MDCT) kullekin audiosignaalin yksittäiselle kehykselle taajuuslikaistakertoimien joukon saamiseksi.

30

$$X_m = (X_m(0), X_m(1), \dots, X_m(N-1))^T \quad (2)$$

Alikaistat on määritelty MPEG-standardissa.

Eteenpäin ennustavan MDCT:n määrittelee:

5

$$X_m(k) = \sum_{i=0}^{2N-1} f(i)x_m(i) \cos\left(\frac{\pi}{4N}(2i+1+N)(2k+1)\right), \quad (3)$$

$$k = 0, \dots, N-1$$

jossa  $f(i)$  on analyysi-synteesi ikkuna, joka on sellainen symmetrinen ikkuna, että  
10 sen lisäys-päällekkäisyysvaikutus tuottaa yksikkövahvistuksen signaaliin.

Taajuusaliikaistasignaali  $X(k)$  syötetään vuorollaan ennustustyökälulle 2 (jota  
kuvataan tarkemmin jäljempänä), joka pyrkii eliminoimaan  
pitkäaikaisredundanssin kustakin taajuusaliikaistasignaalista. Tuloksena saadaan  
15 sarja taajuusaliikaistojen virhesignaaleja.

$$E_m(k) = (E_m(0), E_m(1), \dots, E_m(N-1))^T \quad (4)$$

jotka ilmaisevat pitkän aikavälin muutoksia vastaavissa alikaistoissa, sekä sarjan  
eteenpäin ennustuksen kertoimia  $A$  kullekin kehykselle.

20 Alikaistavirhesignaali  $E(k)$  syötetään kvantisoijalle 3, joka kvantisoii kunkin  
signaalin psykoakustisen mallin määräämällä bittimäärällä. Tätä mallia soveltaa  
ohjausyksikkö 4. Kuten mainittiin, psykoakustinen malli mallintaa ihmisen kuulon  
peitto-ominaisuuksia. Kvantisoidut virhesignaali  $\tilde{E}(k)$  ja ennustuskertoimet  $A$   
yhdistetään tämän jälkeen bittivirran multiplekserissä 5 lähetettäväksi  
25 lähetyskanavan 6 kautta.

Kuva 2 esittää Kuvan 1 mukaisella kooderilla koodatun audiosignaalin  
dekoodaukseen tarkoitetun dekooderin yleisrakenteen. Bittivirran demultiplekseri  
7 erottaa ensiksi ennustuskertoimet  $A$  kvantisoiduista virhesignaaleista  $\tilde{E}(k)$  ja  
30 erottaa virhesignaali erillisiksi alikaistasignaaleiksi. Ennustuskertoimet  $A$  ja

kvantisoidut alikaistavirhesignaalit  $\tilde{E}(k)$  syötetään ennustustyökalulle 8 joka suorittaa kooderissa tehdylle ennustusprosessille käänteisen operaation, eli ennustustyökalu palauttaa kooderissa poistetun redundanssin rekonstruoitujen kvantisoitujen alikaistasisignaalien  $\tilde{X}(k)$  muodostamiseksi. Suodatinpankkityökalu

5 9 palauttaa tämän jälkeen aikataason signaalin  $\tilde{x}$  vastaanotetun version  $\tilde{X}(k)$  käänteisellä muunnoksella, jota kuvaa

$$\begin{aligned} x_m(i) &= \tilde{u}_{m-1}(i+N) + \tilde{u}_m(i), \\ i &= 0, \dots, N-1 \end{aligned} \quad (5)$$

jossa  $\tilde{u}_k(i), i = 0, \dots, 2N-1$  ovat  $\tilde{X}$ :n käänteinen muunnos

$$\begin{aligned} \tilde{u}_m(i) &= f(i) \sum_{k=0}^{N-1} \tilde{X}_m(k) \cos\left(\frac{\pi}{4N}(2i+1+N)(2k+1)\right), \\ i &= 0, \dots, 2N-1 \end{aligned}$$

ja joka approksimoi alkuperäistä audiosignaalia  $x$ .

Kuva 3 kuvaa yksityiskohtaisemmin Kuvan 1 esittämän kooderin

15 ennustusmenetelmää. Käyttämällä kvantisoituja taajuusalikaista-virhesignaaleja  $\tilde{E}(k)$  prosessointiyksikkö 10 muodostaa sarjan kvantisoituja taajuusalikaistasisignaaleja  $\tilde{X}(k)$ . Signaalit  $\tilde{X}(k)$  syötetään vuorostaan suodatinpankkiin 11, joka käsittelee signaaleja käänteisellä erillisellä kosinimuunnoksella (IMDCT) kvantisoidun aikataason signaalin  $\tilde{x}$

20 muodostamiseksi. Tämän jälkeen signaali  $\tilde{x}$  syötetään pitkän aikavälin ennustustyökaluun 12 joka vastaanottaa myös tulevan audiosignaalin  $x$ . Ennustustyökalu 12 käyttää pitkän aikavälin (LT) ennustinta poistamaan redundanssin käsiteltävänä olevassa kehyksessä  $m+1$  olevasta audiosignaalista aikaisemman kvantisoidun datan perusteella.

25 Tämän ennustimen siirtofunktio  $P$  on:

$$P(z) = \sum_{k=-m_1}^{m_2} b_k z^{-(\alpha+k)} \quad (5)$$

jossa  $\alpha$  edustaa pitkää, 1 - 1024 näytteen viivettä ja  $b_k$  edustaa ennustuskertoimia.

Kun  $m_1 = m_2 = 0$  ennustin on "1-tappinen", kun  $m_1 = m_2 = 1$  ennustin on "3-tappinen".

Parametrit  $\alpha$  ja  $b_k$  määritetään LT-ennustuksen jälkeen minimoimalla keskineliövirhe (MSE)  $2N$  näytteen jaksolta. Yhden "tap'in" ennustinta käytettäessä pitkän aikavälin ennusteen jäännössignaali  $r(i)$  saadaan:

$$r(i) = x(i) - b\tilde{x}(i - 2N + 1 + \alpha) \quad (6)$$

jossa  $x$  on aikatazon audiosignaali ja  $\tilde{x}$  on kvantisoitu aikatazon signaali.

Keskimääräinen neliöity jäännössignaali  $R$  saadaan yhtälöstä:

$$R = \sum_{i=0}^{2N-1} r^2(i) = \sum_{i=0}^{2N-1} (x(i) - b\tilde{x}(i - 2N + 1 + \alpha))^2 \quad (7)$$

Asettamalla  $\partial R / \partial b = 0$ , saadaan

$$b = \frac{\sum_{i=0}^{2N-1} x(i)\tilde{x}(i - 2N + 1 + \alpha)}{\sum_{i=0}^{2N-1} (\tilde{x}(i - 2N + 1 + \alpha))^2} \quad (8)$$

ja kun yhtälöön (7) sijoitetaan  $b$ , saadaan

$$R = \sum_{i=0}^{2N-1} x^2(i) - \frac{\left( \sum_{i=0}^{2N-1} x(i)\tilde{x}(i - 2N + 1 + \alpha) \right)^2}{\sum_{i=0}^{2N-1} (\tilde{x}(i - 2N + 1 + \alpha))^2} \quad (9)$$

Termin  $R$  minimoiminen maksimoi yhtälön (9) oikean puolen toisen termin. Tämä termi lasketaan kaikilla mahdollisilla  $\alpha$ :n arvoilla sille määritellyllä alueella, ja valitaan se  $\alpha$ :n arvo joka maksimoi tämän termin. Nimittäjän energia  $\Omega$  voidaan helposti, uudelleen laskemisen sijasta, päivittää viiveestä  $(\alpha - 1)$  arvoon  $\alpha$  seuraavan yhtälön avulla:

$$\Omega_\alpha = \Omega_{\alpha-1} + \tilde{x}^2(-\alpha) - (-\alpha + N) \quad (10)$$

Jos käytetään yhden "tap'in" ennustinta, yhtälöä (8) käytetään laskettaessa ennustekerroin  $b_j$ . Jos kyseessä on  $j$  "tap'in" ennustin, LT ennusteviive  $\alpha$  määritetään aluksi maksimoimalla yhtälön (9) toinen termi ja tämän jälkeen ratkaistaan  $j$  yhtälön joukko  $j$  ennustekertoimen laskemiseksi.

LT ennustusparametrit  $A$  ovat viive  $\alpha$  ja ennustekerroin  $b_j$ . Viive kvantisoidaan 9 -  
 11 bitin tarkkuudella, käytetystä alueesta riippuen. Tavallisimmin käytetään 10  
 bittiä, jolloin arvoja voi olla 1024 välillä 1 -1024. Bittimäärän alentamiseksi LT  
 ennusteviiveet voidaan deltakoodata 5 bitin tarkkuudella parillisissa kehyksinä.  
 5 Kokeet osoittavat että vahvistuksen koodaaminen 4 - 6 bitin tarkkuudella riittää.  
 Vahvistuksen epätasaisesta jakaumasta johtuen on käytettävä epätasaisista  
 kvantisointia.

Edellä kuvatussa menetelmässä LT-synteesisuodattimen  $1/P(z)$  stabiilisuutta ei  
 10 aina voi taata. Yhden "tap'in" ennustimelle stabiilisuusehto on  $|b| \leq 1$ . Tämän  
 takia stabilointi voidaan toteuttaa helposti asettamalla  $|b| = 1$  aina kun  $|b| > 1$ . Kun  
 kyseessä on 3 "tap'in" ennustin, voidaan suorittaa toinen stabilointimenettely,  
 kuten on kuvattu artikkelissa R.P. Ramachandran and P. Kbal, "Stability and  
 performance analysis of pitch filters in speech coders", IEEE Trans. ASSP, vol.  
 15 35, no.7, sivut 937-946, heinäkuu 1987. Kuitenkaan LT-synteesisuodattimen  
 epästabiilisuus ei ole kovin haitallinen rekonstruoidun signaalin laadun kannalta.  
 Suodatin on epästabiili muutamien kehysten ajan (lisäten energiaa), mutta  
 vähitellen päästään stabiileihin jaksoihin, jolloin ulostulon kasvu ei jatku ajan  
 funktiona.

20 Kun LT-ennustuskertoimet on määritetty, voidaan määrittää  $(m+1)$ :nnen kehysten  
 ennustettu signaali:

$$\hat{x}(i) = \sum_{j=-m_1}^{m_2} b_j \tilde{x}(i - 2N + 1 - \alpha), \quad (11)$$

$$i = mN + 1, mN + 2, \dots, (m+1)N$$

25 Tämän jälkeen ennustettu aikatason signaali  $\hat{x}$  syötetään suodatinpankkiin 13,  
 joka käsittelee signaalia MDCT-menetelmällä  $(m+1)$ :nnen kehysten ennustettujen  
 spektrikertoimien  $\hat{X}_{m+1}(k)$  luomiseksi. Ennustetut spektrikertoimet  $\hat{X}(k)$   
 vähennetään tämän jälkeen spektrikertoimista  $X(k)$  vähennysyksikössä 14.

Jotta voitaisiin taata, että ennustusta käytetään ainoastaan jos se johtaa koodaushyötyyn, tarvitaan sopiva ennustimien ohjaus ja pieni määrä ennustimien ohjausinformaatiota pitää lähettää dekooderille. Tämä toiminto suoritetaan vähennysyksikössä 14. Ennustimen ohjausmenetelmä on sama kuin se

5 taaksepäin ennustuksen ohjausmenetelmä, jota on käytetty MPEG-2 Advanced Audio Coding (AAC):ssa. Kunkin kehyksen ennustuksen ohjausinformaatio, joka lähetetään sivuinformaationa, määritetään kahdessa vaiheessa. Ensiksi, kunkin skaalaustekijäkaistan osalta määritetään johtaako ennustus koodaushyötyyn vai ei, ja jos vastaus on kyllä, **ennustin\_käytössä** bitti-arvoksi tuolle

10 skaalaustekijäkaistalle asetetaan yksi. Kun tämä on tehty kaikille skaalaustekijäkaistoille, määritetään kompensoiko tälle kehykselle ennustuksella saavutettu kokonaiskoodaushyöty ainakin ennustimen sivuinformaatiosta aiheutuvan lisäbittien tarpeen. Jos vastaus on kyllä, **ennustin\_data\_läsnä** bitin arvoksi asetetaan yksi ja koko sivuinformaatio, mukaan lukien ennustimen

15 nollaukseen tarvittava, lähetetään ja ennustusvirheen arvo syötetään kvantisoijaan. Muussa tapauksessa **ennustin\_data\_läsnä** -bitin arvoksi asetetaan 0 ja **ennustin\_käytössä** bitit asetetaan kaikki nolliksi eikä niitä lähetetä. Tässä tapauksessa spektraalikomponentin arvo syötetään kvantisoijaan 3. Kuten edellä on esitetty, ennustuksen ohjaus kohdistuu ensin kaikkiin yhden

20 skaalauskerroinkaistan ennustimiin, mitä seuraa toinen vaihe joka kohdistuu kaikkiin skaalauskerroinkaistoihin.

On selvää että LT-ennustuksen tavoitteena on saavuttaa suurin ennustuksen kokonaishyöty. Merkitään  $G_l$  :llä ennustushyötyä  $l$  :nnellä taajuuslikaistalla.

25 Ennustuksen kokonaishyöty tietyssä kehyksessä voidaan laskea seuraavasti:

$$G = \sum_{l=1 \& (G>0)}^{N_s} G_l \quad (12)$$

Jos hyöty kompensoi ennustimen sivuinformaation lisäbittien tarpeen, esim.  $G > T(\text{dB})$ , koko sivuinformaatio lähetetään ja ne ennustimet jotka antavat positiivisen hyödyn kytketään päälle. Muussa tapauksessa ennustimia ei käytetä.

30

Edellä esitetyllä menetelmällä saadut LP-parametrit eivät ole suoraan verrannollisia hyödyn maksimointiin. Kuitenkin, laskemalla vahvistus jokaiselle lohkolle ja jokaiselle viiveelle valitulla alueella (tässä esimerkissä 1 - 1024) ja valitsemalla se viive, jolla saavutetaan suurin ennustuksen kokonaishyöty, optimoidaan ennustusprosessi. Valittu viive  $\alpha$  ja vastaavat kertoimet  $b$  lähetetään sivuinformaationa kvantisoitujen virhe-alikaistasignaalien mukana. Vaikka laskennan monimutkaisuus kooderissa kasvaa, laskennan monimutkaisuus dekodeerissa ei lisäännä.

Kuva 4 esittää yksityiskohtaisemmin Kuvan 2 dekodeeria. Koodatun audiosignaalin vastaanottaa siirtokanavalta 6 bittivirran demultiplekseri 7, kuten edellä on kuvattu. Bittivirran demultiplekseri 7 erottelee ennustuskertoimet  $A$  ja kvantisoidut virhesignaalit  $\tilde{E}(k)$ , sekä toimittaa ne ennustustyökalulle 8. Tämä työkalu käsittää yhdistäjän 24, joka yhdistää kvantisoidut virhesignaalit  $\tilde{E}(k)$  ja ennustetun taajuustason audiosignaalin  $\hat{X}(k)$  rekonstruoidun, myös taajuustasossa olevan, audiosignaalin  $\tilde{X}(k)$  synnyttämiseksi. Suodatinpankki 9 muuntaa rekonstruoidun signaalin  $\tilde{X}(k)$  taajuustasosta aikatasoon rekonstruoidun aikatason audiosignaalin  $\tilde{x}$  luomiseksi. Tämä signaali vuorostaan syötetään palautteena pitkän aikavälin ennustustyökalulle, joka vastaanottaa myös ennustuskertoimet  $A$ . Pitkän aikavälin ennustustyökalu 26 synnyttää ennustetun, käsiteltävän aikakehyksen aikaisempien rekonstruoitujen aikakehysten perusteella käyttäen käsiteltävän kehyksen ennustekertoimia. Suodatinpankki 25 muuntaa ennustetun signaalin  $\hat{x}$ .

Kuva 5 esittää Kuvan 1 esittämän audiosignaalikooderin erästä vaihtoehtoista toteutustapaa, jossa vertailuyksikkö 15 vertaa koodattavaa audiosignaalia  $x$  aikatasossa olevaan ennustettuun signaaliin  $\hat{x}$  synnyttääkseen virhesignaalin  $e$ , joka myös on aikatasossa. Suodatinpankkityökalu 16 muuntaa tämän jälkeen virhesignaalin aikatasosta taajuustasoon taajuusalikaista-virhesignaalien  $E(k)$  joukon luomiseksi. Nämä signaalit kvantisoidaan tämän jälkeen kvantisoijassa 17 kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  joukon luomiseksi.

Tämän jälkeen käytetään suodatinpankkia 18 muuntamaan kvantisoidut virhesignaalit  $\tilde{E}(k)$  takaisin aikatasoon, tuloksena signaali  $\tilde{e}$ . Tämä kvantisoitu aikata-  
5 ennustettuun aikata-son signaaliin  $\hat{x}$  kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  muodostamiseksi. Ennustustyökalu 20 suorittaa saman toiminnon kuin Kuvan 3 kooderin työkalu 12, muodostaen ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  ja ennustuskertoimet  $A$ . Ennustuskertoimet ja kvantisoidut virhesignaalit yhdistetään bittivirran multiplekserissa 21 lähetettäväksi lähetyskanavalle 22.  
10 Kuten edellä on esitetty, virhesignaalit kvantisoidaan ohjaimessa 23 psykoakustisen mallin mukaan.

Edellä kuvatut audiokoodausalgoritmit mahdollistavat audiosignaalien kompressoinnin alhaisilla bittinopeuksilla. Tekniikka perustuu pitkän aikavälin (LT)  
15 ennustamiseen. Tunnettuihin taaksepäin ennustuksen tekniikkoihin verrattuna tässä kuvatut tekniikat tarjoavat suuremmat ennustushyödyt yksittäisille instrumentaalimusiikkisignaaleille ja puhesignaaleille, vaatien kuitenkin vain alhaista laskennan monimutkaisuutta.





Vaatimukset

1. Menetelmä audiosignaalin koodaamiseksi, joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:
- 5 koodattava signaali  $x$  vastaanotetaan;  
muodostetaan taajuusalienkaistoja vastaanotetun audiosignaalin aikakehyksestä;  
muodostetaan kvantisoitu audiosignaali  $\tilde{x}$  vastaanotetun audiosignaalin  $x$  perusteella;
- 10 muodostetaan pitkän aikavälin ennustuskertoimien  $A$  sarja;  
**tunnettu** siitä, että  
ennustetaan vastaanotetun audiosignaalin käsiteltävänä oleva aikakehyks käyttäen pitkän aikavälin ennustuskertoimien  $A$  sarjaa kullekin aikakehyksen taajuusalienkaistoista suoraan ainakin yhden kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  aikaisemman aikakehyksen perusteella;
- 15 käytetään ennustuskertoimien  $A$  sarjaa ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muodostamiseksi kvantisoidusta audiosignaalista  $\tilde{x}$ ;  
verrataan vastaanotettua audiosignaalia  $x$  ennustettuun audiosignaaliin  $\hat{x}$  ja muodostetaan virhesignaali  $E(k)$  kullekin lukuisista taajuusalienkaistoista;
- 20 kvantisoidaan virhesignaalit  $E(k)$  kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  joukon muodostamiseksi; ja  
yhdistetään kvantisoidut virhesignaalit  $\tilde{E}(k)$  ja ennustuskertoimet  $A$  koodatun audiosignaalin muodostamiseksi.
- 25 2. Vaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmä käsittää kehyksinä  $x_m$  aikatasosta vastaanotetun audiosignaalin  $x$  muuntamisen taajuustasoon taajuusalienkaistasisignaalien  $X(k)$  muodostamiseksi ja ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muuntamisen aikatasosta taajuustasoon ennustettujen taajuusalienkaista-signaalien  $\hat{X}(k)$  sarjan muodostamiseksi, ja jossa vertailu vastaanotetun audiosignaalin  $x$  ja ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  välillä suoritetaan
- 30

taajuustasossa, verraten toisiaan vastaavia alikaistasignaaleja toisiinsa taajuusaliikaista-virhesignaalien  $E(k)$  muodostamiseksi.

3. Menetelmä joka on vaatimuksen 1 mukainen, **tunnettu** siitä, että  
 5 menetelmä käsittää vastaanotetun audiosignaalin  $x$  ja ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  välillä aikatasossa suoritettavan vertailun myös aikatasossa olevan virhesignaalin  $e$  muodostamiseksi ja virhesignaalin  $e$  muuntamisen aikatasosta taajuustasoon mainittujen lukuisien taajuusaliikaista-virhesignaalien  $E(k)$  muodostamiseksi.
- 10
4. Menetelmä koodatun audiosignaalin dekodaaamiseksi, joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:
- vastaanotetaan koodattu audiosignaali joka sisältää kvantisoidun virhesignaalin  $\tilde{E}(k)$  kutakin audiosignaalin lukuisaa taajuusaliikaistaa kohti ja, kutakin audiosignaalin kehystä kohti joukon ennustuskertoimia  $A$ , **tunnettu**  
 15 siitä, että:
- ennustuskertoimien joukkoa  $A$  voidaan käyttää vastaanotetun audiosignaalin käsiteltävän aikakehyksen  $x_m$  kunkin taajuusaliikaistan ennustamiseen ainakin yhden rekonstruoidun kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$   
 20 aikaisemman kehysten perusteella;
- muodostetaan mainittu rekonstruoitu kvantisoitu audiosignaali  $\tilde{x}$  kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  perusteella; ja
- käytetään ennustuskertoimia  $A$  ja rekonstruoituja kvantisoituja audiosignaaleja  $\tilde{x}$  ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muodostamiseksi,  
 25 jolloin mainittu rekonstruoitu kvantisoitu audiosignaali muodostetaan yhdistämällä kvantisoidut virhesignaalit  $\tilde{E}(k)$  ja ennustettu audiosignaali  $\hat{x}$ .
5. Vaatimuksen 4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että  
 30 menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:
- ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muuntaminen aikatasosta taajuustasoon ennustettujen taajuusaliikaista-signaalien  $\hat{X}(k)$  sarjan muodostamiseksi

yhdistettäväksi kvantisoituihin virhesignaaleihin  $\tilde{E}(k)$  rekonstruoitujen taajuusalikaista-signaalien  $\tilde{X}(k)$  joukon muodostamiseksi; ja

rekonstruoitujen taajuusalikaistasisignaalien  $\hat{X}(k)$  muuntaminen taajuustasosta aikatasoon rekonstruoidun, kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  muodostamiseksi.

6. Vaatimuksen 4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  muuntaminen taajuustasosta aikatasoon kvantisoidun aikataason virhesignaalin  $e$  muodostamiseksi; ja aikataason kvantisoitujen virhesignaalien yhdistäminen suoraan ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  kanssa rekonstruoidun, kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  muodostamiseksi.

7. Laite audiosignaalin koodaamiseen, joka laite käsittää:

sisäänmenon koodattavan audiosignaalin  $x$  vastaanottamiseksi; ensimmäiset generointivälineet (1) taajuusalikaistojen muodostamiseksi vastaanotetun audiosignaalin aikakehyksestä;

mainittuun sisäänmenoon kytketyt prosessointivälineet (2,3;15-19) kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  muodostamiseksi vastaanotetun audiosignaalin  $x$  perusteella; **tunnettu** siitä, että laite käsittää:

mainittuihin prosessointivälineisiin (3) liitetyt ennustusvälineet (12;19) pitkän aikavälin ennustuskertoimien  $A$  joukon muodostamiseksi käytettäväksi kullekin aikakehyksen taajuusalikaistalle vastaanotetun audiosignaalin  $x$  käsiteltävänä olevan aikakehyksen  $x_m$  ennustamiseksi suoraan ainakin yhden kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  aikaisemman kehyksen perusteella;

toiset generointivälineet (10-14;20,15) ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muodostamiseksi käyttäen pitkän aikavälin ennustuskertoimia  $A$  ja kvantisoitua audiosignaalia  $\tilde{x}$  ja vastaanotetun audiosignaalin  $x$  vertaamiseksi ennustettuun audiosignaaliin  $\hat{x}$  virhesignaalin  $E(k)$  muodostamiseksi kullekin lukuisista taajuusalikaistoista;

kvantisointivälineet (3;17) virhesignaalien  $E(k)$  kvantisoimiseksi  
 kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  joukon muodostamiseksi; ja  
 yhdistämisvälineet (5;21) kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$   
 yhdistämiseksi ennustuskertoimiin  $A$  koodatun audiosignaalin  
 5 muodostamiseksi.

8. Vaatimuksen 7 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että mainitut toiset  
 generoimisvälineet käsittävät ensimmäiset muuntamisvälineet (1)  
 vastaanotetun audiosignaalin  $x$  muuntamiseksi aikatasosta taajuustasoon ja  
 10 toiset muuntamisvälineet (13) ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muuntamiseksi  
 aikatasosta taajuustasoon, sekä vertailuvälineet (14) jotka on järjestetty  
 vertaamaan tulokseksi saatuja taajuustason signaaleja taajuustasossa.
9. Vaatimuksen 7 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että toiset  
 15 generoimisvälineet on järjestetty vertaamaan vastaanotettua audiosignaalia  
 $x$  ennustettuun audiosignaaliin  $\hat{x}$  aikatasossa.
10. Laite koodatun audiosignaalin  $x$  dekodaaamiseksi, **tunnettu** siitä, että:  
 koodattu audiosignaali sisältää kvantisoidun virhesignaalin  $\tilde{E}(k)$  kutakin  
 20 lukuisaa audiosignaalin taajuusalikankesta kohti ja sarjan ennustuskertoimia  $A$   
 käytettäväksi kullekin audiosignaalin aikakehyksen taajuusalikankesta ja jossa  
 ennustuskertoimia  $A$  voidaan käyttää ennustamaan vastaanotetun  
 audiosignaalin käsiteltävä kehys  $x_m$  ainakin yhden rekonstruoidun  
 kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  aikaisemman kehyksen perusteella, joka laite  
 25 käsittää:  
 sisäänmenon koodatun audiosignaalin vastaanottamiseksi;  
 generoimisvälineet (24,25,9) rekonstruoidun kvantisoidun  
 audiosignaalin  $\tilde{x}$  muodostamiseksi kvantisoitujen virhesignaalien  
 $\tilde{E}(k)$  perusteella; ja

signaalinkäsittelyvälineet (26) ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  muodostamiseksi ennustuskertoimien  $A$  ja mainitun rekonstruoidun kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  perusteella,

- 5 jossa mainitut generoimisvälineet käsittävät yhdistämisvälineet (24,25) ennustetun audiosignaalin  $\hat{x}$  ja kvantisoitujen virhesignaalien  $\tilde{E}(k)$  yhdistämiseksi rekonstruoidun kvantisoidun audiosignaalin  $\tilde{x}$  muodostamiseksi.



Patentkrav

1. Förfarande för kodning av en audiosignal, vilket förfarande omfattar följande steg:

5 mottagning av signalen  $x$  som skall kodas;

generering av frekvensdelband ur en tidram av den mottagna audiosignalen;

generering av en kvantiserad audiosignal  $\tilde{x}$  på basis av den mottagna audiosignalen  $x$ ;

10 generering av en serie av långtidsprediktionskoefficienter  $A$ ;

**kännetecknat av**

prediktering av en aktuell tidram av den mottagna audiosignalen direkt från åtminstone en tidigare tidram av den kvantiserade audiosignalen  $\tilde{x}$  med användande av nämnda serie av långtidsprediktionskoefficienter  $A$  för vart och ett av tidramens delband;

15

användning av serien av långtidsprediktionskoefficienter  $A$  för generering av en predikterad audiosignal  $\hat{x}$  ur den kvantiserade audiosignalen  $\tilde{x}$ ;

jämförelse av den mottagna audiosignalen  $x$  med den predikterade audiosignalen  $\hat{x}$  och generering av en felsignal  $E(k)$  för vart och ett av frekvensdelbandmängden;

20

kvantisering av felsignalerna  $E(k)$  för generering av en serie av kvantiserade felsignaler  $\tilde{E}(k)$ ; och

kombinering av de kvantiserade felsignalerna  $\tilde{E}(k)$  och prediktionskoefficienterna  $A$  för generering av en kodad audiosignal.

25

2. Förfarande enligt krav 1, **kännetecknat av att**

förfarandet omfattar transformering av den i form av ramar  $x_m$  från tidplanet mottagna audiosignalen  $x$  till frekvensplanet för generering av

30

frekvensdelbandssignaler  $X(k)$  och transformering av den predikterade

audiosignalen  $\hat{x}$  från tidplanet till frekvensplanet för generering av en serie

av predikterade frekvensdelbandssignaler, och vid vilket jämförelsen mellan den mottagna audiosignalen  $x$  och den predikterade audiosignalen  $\hat{x}$  utförs i frekvensplanet genom att jämföra respektive delbandssignaler med varandra för generering av frekvensdelbandsfelsesignalerna  $E(k)$ .

5

3. Förfarande enligt krav 1, **kännetecknat** av att förfarandet omfattar utförande av jämförelsen mellan den mottagna audiosignalen  $x$  och den predikterade audiosignalen  $\hat{x}$  i tidplanet för generering av en felsignal  $e$  även i tidplanet och transformering av felsignalen  $e$  från tidplanet till frekvensplanet för generering av nämnda flertal frekvensdelbandsfelsesignaler  $E(k)$ .

10

4. Förfarande för avkodning av en kodad audiosignal, vilket förfarande omfattar följande steg:

mottagning av den kodade audiosignalen som innehåller en kvantiserad felsignal  $\tilde{E}(k)$  för vart och ett av ett flertal frekvensdelband hos audiosignalen och en serie av prediktionskoefficienter  $A$  för var och en av audiosignalens ramar, **kännetecknat** av att:

15

serien av prediktionskoefficienter  $A$  kan användas för prediktering av vart och ett av frekvensdelbanden av en aktuell tidram  $x_m$  av den mottagna audiosignalen från åtminstone en tidigare tidram av en rekonstruerad, kvantiserad audiosignal  $\tilde{x}$ ;

20

nämnda rekonstruerade, kvantiserade audiosignal  $\tilde{x}$  genereras på basis av de kvantiserade felsignalerna  $\tilde{E}(k)$ ; och

prediktionskoefficienterna  $A$  och de kvantiserade, rekonstruerade audiosignalerna  $\tilde{x}$  används för generering av en predikterad audiosignal  $\hat{x}$ ,

25

varvid nämnda rekonstruerade kvantiserade audiosignal genereras genom att kombinera de kvantiserade felsignalerna  $\tilde{E}(k)$  och den predikterade audiosignalen  $\hat{x}$ .

30

5. Förfarande enligt krav 4, **kännetecknat** av att förfarandet omfattar följande steg:

transformering av den predikterade audiosignalen  $\hat{x}$  från tidplanet till frekvensplanet för generering av en serie av predikterade frekvensdelbandssignaler  $\hat{X}(k)$  för att kombineras med de kvantiserade felsignalerna  $\tilde{E}(k)$  för generering av en serie av rekonstruerade frekvensdelbandssignaler  $\tilde{X}(k)$ ; och

transformering av de rekonstruerade frekvensdelbandssignalerna  $\tilde{X}(k)$  från frekvensplanet till tidplanet för generering av den rekonstruerade, kvantiserade audiosignalen  $\tilde{x}$ .

6. Förfarande enligt krav 4, **kännetecknat** av att förfarandet omfattar följande steg:

transformering av de kvantiserade felsignalerna  $\tilde{E}(k)$  från frekvensplanet till tidplanet för generering av en kvantiserad felsignal  $e$  i tidplanet; och

kombinering av de kvantiserade felsignalerna i tidplanet direkt med den predikterade audiosignalen  $\hat{x}$  för generering av den rekonstruerade, kvantiserade audiosignalen  $\tilde{x}$ .

7. Anordning för kodning av en audiosignal, vilken anordning omfattar en ingång för mottagning av audiosignalen  $x$  som skall kodas; första genereringsmedel (1) för generering av frekvensdelband ur en tidram av den mottagna audiosignalen; till nämnda ingång kopplade processeringsmedel (2, 3; 15 - 19) för generering av en kvantiserad audiosignal  $\tilde{x}$  på basis av den mottagna audiosignalen  $x$ ; **kännetecknad** av att anordningen omfattar till nämnda processeringsmedel (3) anslutna prediktionsmedel (12; 19) för generering av en serie av långtidsprediktionskoefficienter  $A$  för att användas för vart och ett av delbanden av en tidram för prediktering av en aktuell tidram  $x_m$  av den mottagna audiosignalen direkt från åtminstone en tidigare tidram av den kvantiserade audiosignalen  $\tilde{x}$ ;



andra genereringsmedel (10 - 14;20, 15) för generering av en predikterad audiosignal  $\hat{x}$  med användande av långtidsprediktionskoefficienterna  $A$  och den kvantiserade audiosignalen  $\tilde{x}$  samt för jämförelse av den mottagna audiosignalen  $x$  med den predikterade audiosignalen  $\hat{x}$  för generering av en felsignal  $E(k)$  för vart och ett av ett flertal frekvensdelband;

kvantiseringsmedel (3;17) för kvantisering av felsignalerna  $E(k)$  för generering av en serie av kvantiserade felsignaler  $\tilde{E}(k)$ ; och

kombineringsmedel (5;21) för kombinerande av de kvantiserade felsignalerna  $\tilde{E}(k)$  med prediktionskoefficienterna  $A$  för generering av en kodad audiosignal.

8. Anordning enligt krav 7, **kännetecknad** av att nämnda andra genereringsmedel omfattar första transformeringsmedel (1) för transformering av den mottagna audiosignalen  $x$  från tidplanet till frekvensplanet och andra transformeringsmedel (13) för transformering av den predikterade audiosignalen  $\hat{x}$  från tidplanet till frekvensplanet samt jämförelsemedel (14) som är anordnade att jämföra de resulterande frekvensplanssignalerna i frekvensplanet.

9. Anordning enligt krav 7, **kännetecknad** av att de andra genereringsmedlen är anordnade att jämföra den mottagna audiosignalen  $x$  med den predikterade audiosignalen  $\hat{x}$  i tidplanet.

10. Anordning för avkodning av en kodad audiosignal  $x$ , **kännetecknad** av att

den kodade audiosignalen innehåller en kvantiserad felsignal  $\tilde{E}(k)$  för vart och ett av ett flertal frekvensdelband hos audiosignalen samt en serie av prediktionskoefficienter  $A$  för att användas för vart och ett av frekvensdelbanden av en tidram av audiosignalen, varvid

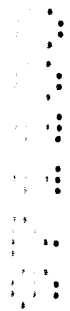
prediktionskoefficienterna  $A$  kan användas för prediktering av en aktuell tidram  $x_m$  av den mottagna audiosignalen från åtminstone en tidigare tidram av en rekonstruerad, kvantiserad audiosignal  $\tilde{x}$ , vilken anordning omfattar en ingång för mottagning av den kodade audiosignalen;

5 genereringsmedel (24, 25, 9) för generering av den rekonstruerade, kvantiserade audiosignalen  $\tilde{x}$  på basis av de kvantiserade felsignalerna  $\tilde{E}(k)$ ; och

signalbehandlingsmedel (26) för generering av en predikerad audiosignal  $\hat{x}$  på basis av prediktionskoefficienterna  $A$  och nämnda rekonstruerade, kvantiserade audiosignal  $\tilde{x}$ ,

10 varvid nämnda genereringsmedel omfattar kombineringsmedel (24, 25) för kombinerad av den predikerade audiosignalen  $\hat{x}$  och de kvantiserade felsignalerna  $\tilde{E}(k)$  för generering av den rekonstruerade, kvantiserade audiosignalen  $\tilde{x}$ .

15



1/5

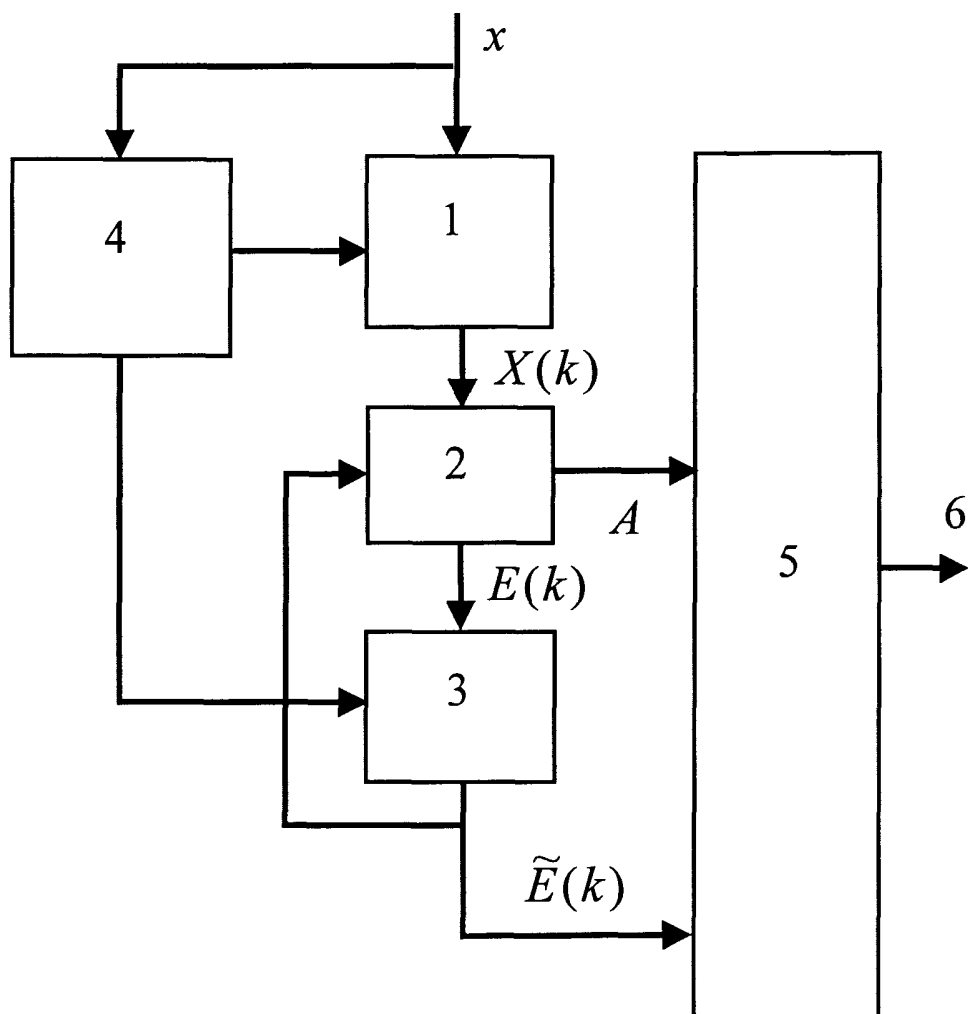
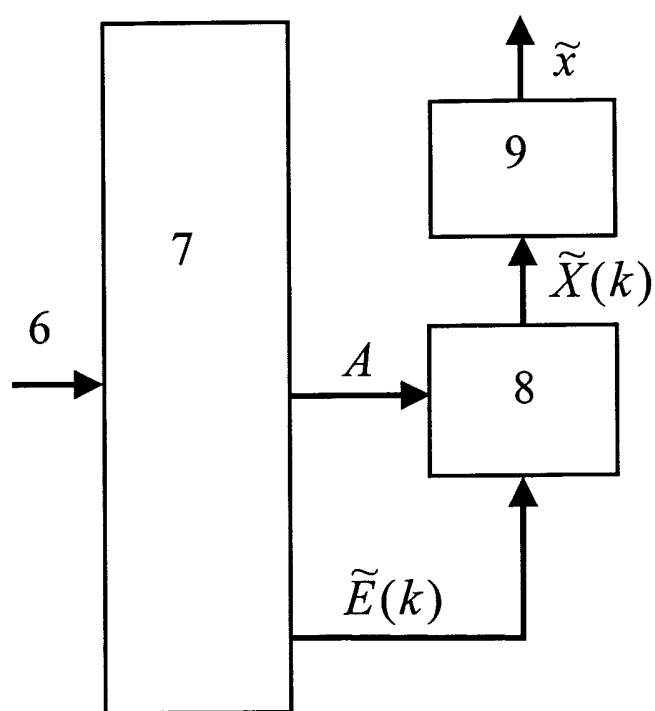


Figure 1

2/5

Figure 2

3/5

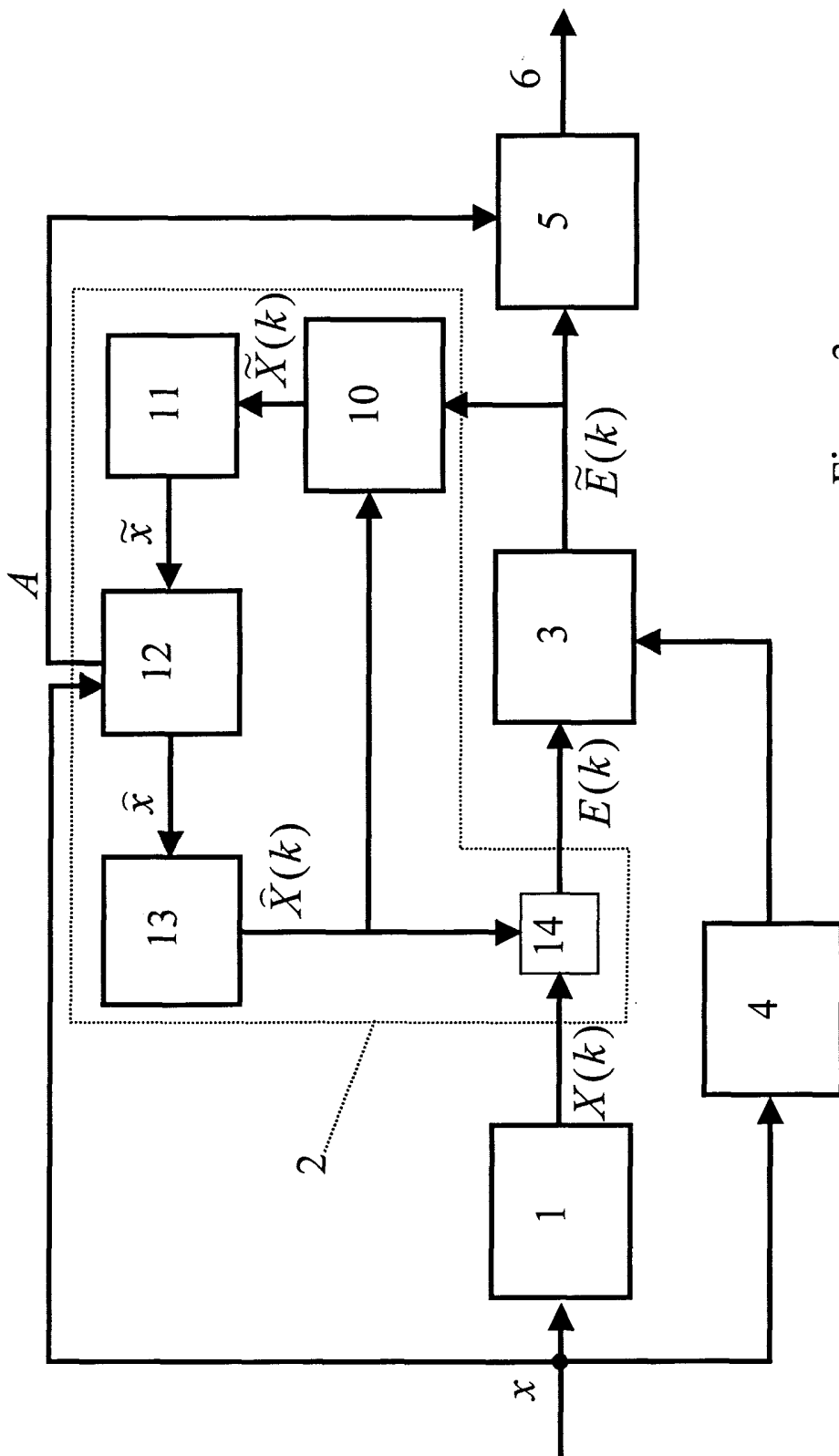


Figure 3

114248 3/5

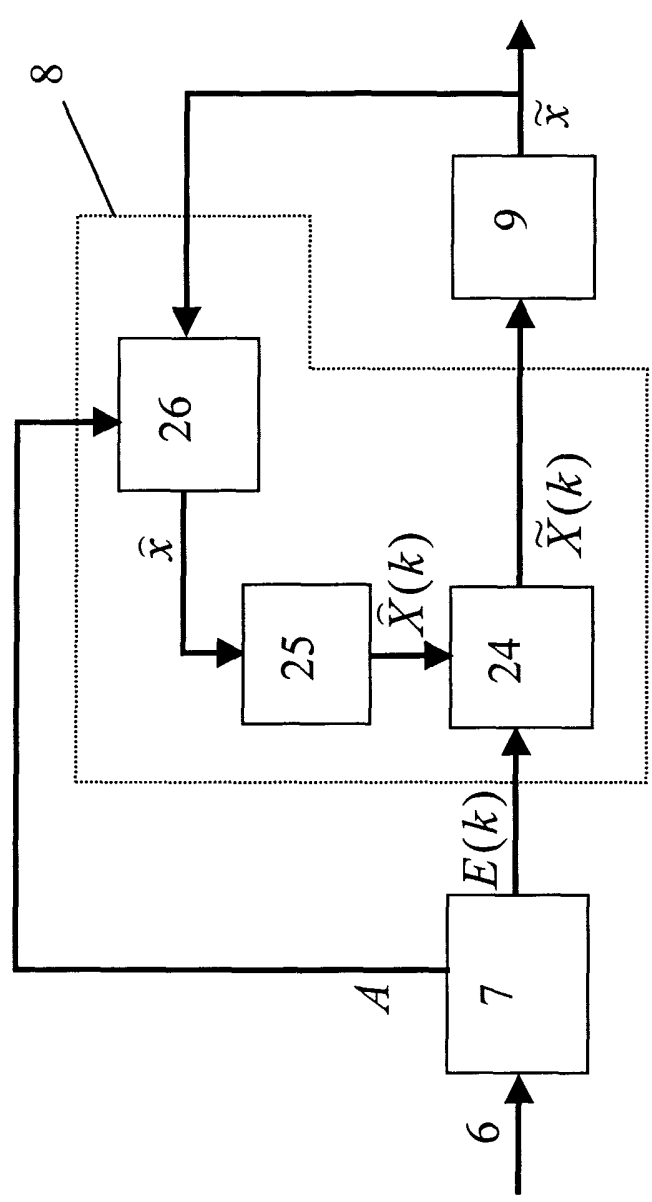


Figure 4

4.03.83 07.1.00

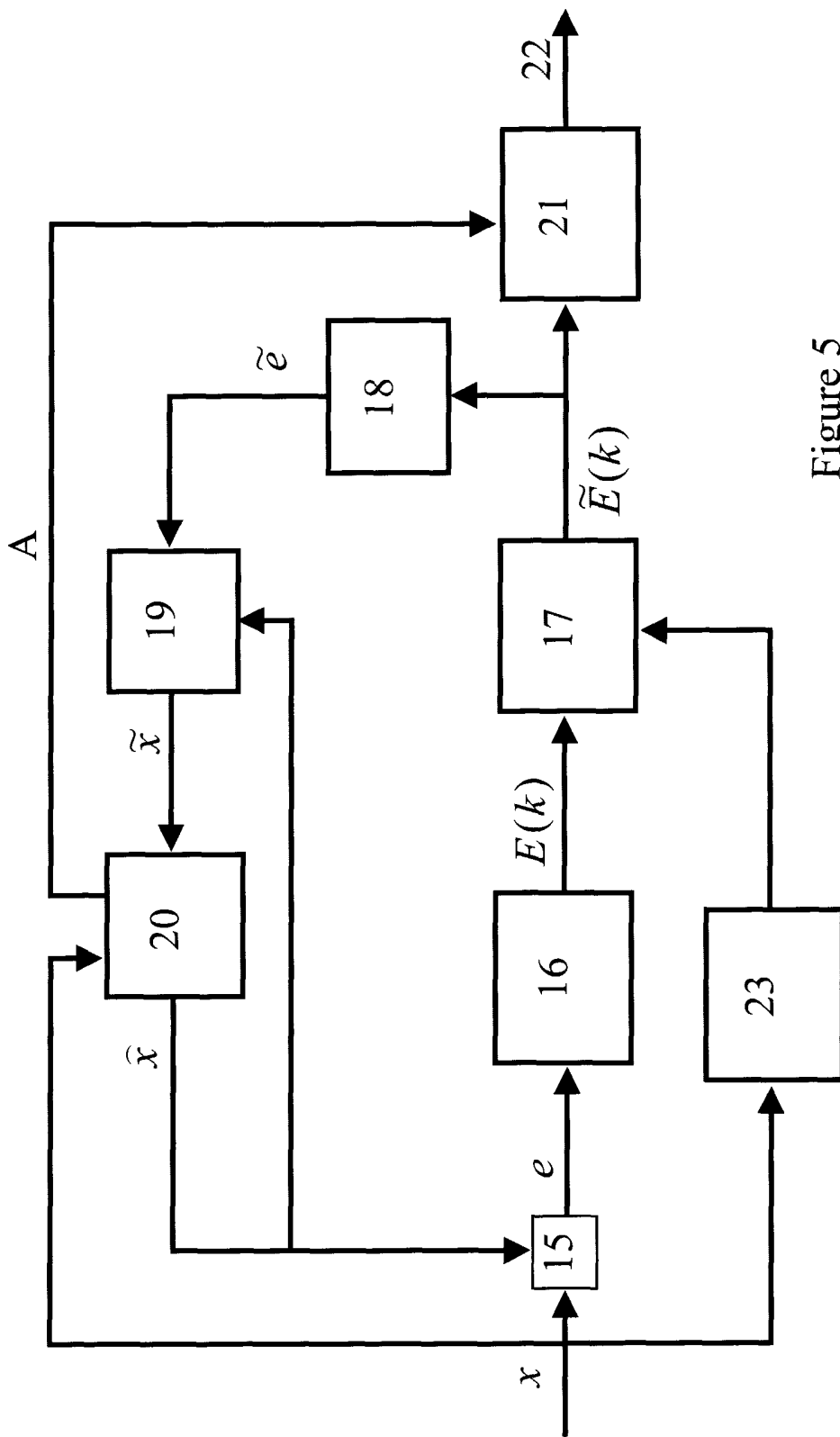


Figure 5

SECRET