



F1000097657B



SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) **KUULUTUSJULKAISU**
UTLAGGNINGSSKRIFT
C (45) **Patentti myönnetty**
Patent meddelat 27 01 1997

97657

(51) Kv.1k.6 - Int.cl.6

H 04B 3/23

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	915198
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	04.11.91
(24) Alkupaivä - Löpdag	04.11.91
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	05.05.93
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	15.10.96

(71) Hakija - Sökande

1. Nokia Telecommunications Oy, Mäkkylän puistotie 1, 02600 Espoo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Lähdemäki, Heimo, Töyssälänkuja 3 G, 33960 Pirkkala, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä adaptiivisen kaiunpoistajan divergoinnin estämiseksi kohinaisessa signaaliympäristössä
Förfarande för att förhindra divergering av en adaptiv ekosläckare i ett brusigt signalområde

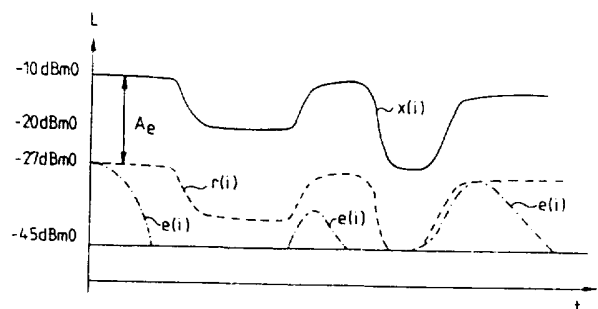
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 182096 (H 04B 3/23), EP A 199879 (H 04B 3/23), US A 4894820 (H 04B 3/23), US A 4998241 (H 04J 3/00)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on menetelmä adaptiivisen kaiunpoistajan divergoitumisen estämiseksi kohinaisessa ympäristössä. Menetelmä käsittää vaiheet: määritetään keskimääräinen kohinataso (-45dBmO) kaikutuella, määritetään kaikutievaimennus (A_e), ja estetään kaiunpoistajan adaptoituminen, jos kaikutielle lähetettävän, kaikua ($r(i)$) aiheuttavan signaalin ($x(i)$) taso pienenee ennalta määrättyyn kynnykseen, joka on tietyn marginaalin ja kaikutievaimennuksen verran keskimääräisen kohinatason yläpuolella.

Uppfinningen avser ett förfarande för förhindrande av divergering i en adaptiv ekosläckare i brusfylld omgivning. Förfarandet har följande steg: brusets medelnivå (-45 dBmO) på ekorutten bestäms, ekoruttsdämpningen (A_e) bestäms, och adaptivering hos ekosläckaren förhindras ifall nivån för en på ekorutten sänd, eko ($r(i)$) åstadkommande signal ($x(i)$) minskar till en förutbestämd tröskelnivå, som med en viss marginal och ekoruttsdämpningen överskrider medelnivån för bruset.



Menetelmä adaptiivisen kaiunpoistajan divergoinnin estämiseksi kohinaisessa signaaliympäristössä

5 Keksinnön kohteena menetelmä adaptiivisen kaiunpoistajan divergoinnin estämiseksi kohinaisessa signaaliympäristössä.

 Tiedonsiirtojärjestelmän, kuten puhelinverkon, päästä-päähän yhteyksillä esiintyy usein pitkiä kulkuaikaviiveitä, joiden seurauksena havaitaan esimerkiksi normaalin puheen tapauksessa kaikua, kun signaali heijastuu yhteyden kaukopäästä takaisin puhujalle.

 Suurimpia sähköisen kaiun aiheuttajia ovat 2/4-johdinmuuntimet, jotka sijaitsevat kiinteän puhelinverkon päätekeskuksissa tai etäistilaajaportaissa. Kiinteän verkon tilaajajohtimet ovat yleensä 2-johtimisia kustannussyistä. Keskusten väliset yhteydet taas ovat 4-johtimisia.

 Kaiunpoistaja (echo canceller) on signaalia, kuten puhesignaalia, käsittelevä laite, jota käytetään pienentämään kaikua vähentämällä arvioitu kaiku yhteydellä esiintyvästä kaiusta (signaalista). Kaiunpoistaja voi olla joko digitaalinen tai analoginen. Nykyisin kaiunpoistolaitteet toteutetaan digitaalisella signaalinkäsittelyllä, jonka avulla on mahdollista mallintaa huomattavan pitkiäkin kulkuaikaviiveitä sisältäviä kaikuteitä. Koska kaikutie on periaatteessa jokaisella puhelukerralla erilainen, on välttämätöntä käyttää kaiunpoistajassa menetelmää, joka mukautuu aina puhelun alussa uuteen kaikutiehen. Digitaalinen signaalinkäsittely tarjoaa tähän ratkaisuna adaptiivisen suodattimen, jossa kaikutietä mallintavan suodattimen kertoimia päivitetään puhesignaalin ja palautuvan kaikusignaalin korreloinnin perusteella.

 Jos puhelu käydään kohinaisessa ympäristössä, se aiheuttaa tiettyjä ongelmia kaikutien impulssivasteen mallin pysyvyyteen kaiunpoistajassa. Hankaluuksia syntyy erityisesti, jos kaukopää on kohinainen ja lähipään kaiun

taso alhainen. Tällöin tapahtuu kaiunpoistajan malli-impulssivasteen divergoitumista kaukopäästä vastaanotetun signaalin alhaisilla tasoilla. Jos kaukopäästä vastaanotetun signaalin taso taas nousee, havaitaan kaukopäässä het-

5 ken aikaa kaikua divergoituneen kaikutien mallin vuoksi ennen kuin kaiunpoistaja konvergoituu takaisin kaikutiehen.

Keksinnön päämääränä on mm. edellä mainitun ongelman lieventäminen.

10 Tämä saavutetaan keksinnön mukaisella menetelmällä, jolle on tunnusomaista, että menetelmä käsittää vaiheet:

 määritetään keskimääräinen kohinataso kaikutiellä, määritetään kaikutievaimennus, ja

 estetään kaiunpoistajan adaptoituminen, jos kaikutielle lähetettävän, kaikua aiheuttavan signaalin taso

15 pienenee ennalta määrättyyn kynnystasoon, joka on tietyn marginaalin ja kaikutievaimennuksen verran keskimääräisen kohinatason yläpuolella.

 Keksinnön perusajatuksena on, että adaptiivisen

20 suodattimen adaptoituminen ennen kuin kaikutielle lähetettävän signaalin tason pieneneminen aiheuttaa kaikutieltä palautuvan kaikusignaalin tason laskemisen niin alas, että se hukkuu kaikutiellä esiintyvään kohinaan. Mitä aikaisemmin adaptoituminen estetään eli mitä suurempi marginaali

25 kohinatason ja kaikusignaalin tason väliseksi eroksi jätetään, sitä paremmin kaikutien malli säilyy kaiunpoistajassa. Toisaalta marginaali ei saa olla kovin suuri, koska jos kaikutielle lähetettävä signaali olisi pitemmän aikaa matalatasoinen ja kaikutiessä taphatuksi samalla hidasta

30 muuttumista seurauksena olisi tällöinkin kaiunpoistajassa olevan kaikutien mallin jonkinasteinen virheellisyys. Koh- tuullisesta marginaalista on kuitenkin selvä hyöty, koska tällöin adaptoitumisen ollessa estettynä malli-impulssivasteen kertoimien paikat ja etumerkit säilyvät oikeina,

35 vaikka niiden itsearvot vääristyisivätkin kaikutien muut-

tumisen seurauksena. Kun kertoimien paikat ja etumerkit ovat oikein, on kaiunpoistajan konvergointi, kun kaikutielle lähetettävän signaalin taso jälleen nousee ja adaptointi jälleen sallitaan, huomattavasti nopeampi kuin jos impulssivasteen malli olisi kokonaan divergoitunut. Sopiva marginaali on edullisesti sellainen, että mainitun kynnyksen etäisyys keskimääräisestä kohinatasosta on n. 1-5 dB suurempi kuin kaikutievaimeennus.

10 Keksintöä selitetään seuraavassa yksityiskohtaisemmin suoritusesimerkkien avulla viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 esittää periaatteellisen lohkokaaavion eräästä kaiunpoistajasta, jossa keksintöä voidaan soveltaa,

15 kuvio 2 esittää yksityiskohtaisemman lohkokaaavion kuvion 1 mukaisesta kaiunpoistajasta,

kuvio 3 esittää lohkokaaviomuodossa erästä digitaalista suodatinta, joka soveltuu käytettäväksi suodattimena 21 kuviossa 2, ja

20 kuvio 4 on kuvaaja, joka havainnollistaa kohinan vaikutusta kaiunpoistoon.

Erään digitaalisen digitaalisen kaiunpoistajan periaatteellinen lohkokaavio on esitetty kuviossa 1. Digitaalinen kaiunpoistaja 1 käsittää lähetettävän digitaalisen signaalin sisääntuloportin S_{in} ja ulostuloportin S_{out} sekä vastaanotettavan digitaalisen signaalin sisääntuloportin R_{in} ja ulostuloportin R_{out} . Kaiunpoistajan 1 tulee poistaa kaiku vain lähetys suunnassa, jota tässä hakemuksessa nimitetään kaukopääksi. Kuviossa 1 portit S_{in} ja R_{out} on kytketty lähipään siirtotielle ja portit S_{out} ja R_{in} kaukopään siirtotielle. Vastakkaista suuntaa kutsutaan lähipääksi. Poistettava kaiku on kaukopäästä porttiin R_{in} vastaanotetun ja edelleen portin R_{out} kautta lähipäähän (kaikutielle) lähetetyn puhesignaalin $x(i)$ lähipäästä heijastunut komponentti $r(i)$.

Jos kaiunpoistaja ei olisi toiminnassa, porttiin S_{in} vastaanotettu kaukopään puhesignaalin $x(i)$ kaiku $r(i)$ välittyisi portin S_{out} kautta sellaisenaan kaukopäähän. Toiminnassa ollessaan kaiunpoistaja porttiin S_{in} vastaanottamansa kaikusignaalin $r(i)$ perusteella muodostaa prosessointilohkossa 3 lähipään kaikutien mallin (impulssivasteen), jonka avulla se muodostaa signaalista $x(i)$ kaikuestimaatin $r'(i)$, joka vähentäjälohkossa 2 vähennetään kaukopäähän lähetettävästä signaalista, jolloin optimita-
 5 pauksessa kaikua ei synny lainkaan.

Seuraavaksi tarkastellaan keksinnön taustana olevaa kaiunpoistajan divergoitumisongelmaa viitaten kuvioihin 1 ja 4. Kuviossa 4 on havainnollistettu kaikusignaalin $r(i)$ tason riippuvuutta kaukopään puhesignaalin $x(i)$ tasosta.
 15 Porttiin R_{in} vastaanotetun ja portin R_{out} kautta lähipäähän ja täten myös kaikutielle lähetetyn puhesignaalin $x(i)$ ja porttiin S_{in} lähipäästä (kaikutieltä) vastaanotetun kaikusignaalin $r(i)$ tasoero vastaa kaikutien vaimennusta A_e eli $A_e = x(i) - r(i)$. Kuvion 4 esimerkissä kaikutievaimennus A_e
 20 on 17 dB ja kohinan taso on -45 dBm0. Kun signaalin $x(i)$ taso on alkuvaiheessa -10dBm0, kaiunpoistaja konvergoituu nopeasti kaikutiehen ja muodostettu kaikutien malli synnyttää tarkan kaikuestimaatin $r'(i)$, jolloin kaiunpoistajan läpipäässyt kaikukomponentti $e(i) = r(i) - r'(i)$ vaimentuu
 25 kohinan tasolle. Jos signaalin $x(i)$ taso sitten laskee (esim. puhutaan hiljempaa) esimerkiksi tasolle -20dBm0, kohina alkaa vaikuttaa kaiunpoistajan muodostamaan kaikutien malliin siten, että malli divergoituu eikä enää tarkasti vastaa todellista kaikutietä. Tällöin signaalin $x(i)$
 30 tason äkillisesti noustessa osa kaikusignaalista $r(i)$ pääsee jäännöskaikuna $e(i)$ läpi. Jos $x(i)$:n taso laskee tasolle -27 dBm0, kaikusignaali $r(i)$ hukkuu kokonaan kohinaan ja kaiunpoistajan adaptoitumisen seurauksena kaikutien malli divergoituu täysin. Jos $x(i)$:n taso nyt yhtäkkiä nousee lähelle -10 dBm0:tä, kaikusignaali $r(i)$ menee
 35

jäännöskaikuna $e(i)$ sellaisenaan läpi ennenkuin kaiunpoistaja jälleen konvergoituu. Tällöin havaitaan hetkellisesti kaikua puheen aikana. Pyrkimys kaiunpoistajissahan on se, että puheen alkaessa voidaan kaikua hieman havaita konvergoitumisvaiheessa, mutta sen jälkeen kaikua ei enää pitäisi puhelun aikana havaita.

Keksinnön mukaisesti haitallinen ilmiö ehkäistään siten, että kaiunpoistajan adaptoituminen estetään, kun signaalin $x(i)$ taso laskee niin paljon että kunnollista kaikutien mallia ei voida enää säilyttää. Tämä tehdään seuraavasti:

Kun puheyhteyden kummassakaan päässä ei puhuta (esim. kun signaalien $x(i)$ ja $y(i)$ tasot < -35 dBm0) määritetään tai lasketaan kaikutien keskimääräinen kohinataso. Puhelun alussa tapahtuvan kaiunpoistajan konvergoitumisen loppuvaiheessa määritetään signaalien $x(i)$ ja $r(i)$ välinen tasoero, josta saadaan kaikutievaimennus A_e . Tämän jälkeen kaiunpoistajan adaptoituminen puhelun aikana estetään, jos kaikua aiheuttavan signaalin $x(i)$ taso pienee ennalta määrättyyn kynnystasoon, joka on tietyn marginaalin ja kaikutievaimennuksen summan verran lasketun keskimääräisen kohinatason yläpuolella. Marginaali on sellainen, että adaptoituminen estetään ennenkuin kaikusignaali $r(i)$ hukkuu kohinaan. Marginaali on edullisesti alueella n. 1-5 dB.

Eräs kuvion 1 mukaisen digitaalisen kaiunpoistajan tarkempi suoritusmuoto on esitetty kuviossa 2. Lähipään lähetys-signaalille $y(i)$ tehdään A-lain mukainen linearisointi muuntimella 35A, käsitellään adaptiivisella FIR-suodattimella 21 ja syötetään tämän jälkeen vaihtokytkimelle SW1. Ohjausyksikön 26 ohjaama kytkin SW1 kytkee suodattimen ulostulon joko epälineaarisen prosessorin 27 tai A-lain mukaisen muuntimen 36 kautta kaiunpoistajan ulostuloporttiin S_{out} .

Ohjausyksikkö 22 ohjaa adaptiivisen suodattimen 21

toimintaa, adaptoitumista ja päivitystä perustuen signaalien $y(i)$ ja $x(i)$ tasoihin, jotka saadaan vastaavasti tasoilmaisimilla 24 ja 25, sekä merkkiäänien tunnistukseen, joka suoritetaan merkkiäänien tunnistuspiiristöllä 37. Tasonilmaisimilta 24 ja 25 saamiensa tasotietojen avulla ohjausyksikkö 22 määrittää keskimääräisen kohinatason ja kaikutievaimennuksen A_k sekä tarkkailee signaalin $x(i)$ tasoa suodattimen 21 adaptoitumisen ohjaamiseksi keksinnön mukaisella tavalla.

Signaalille $x(i)$ suoritetaan A-lain mukainen linearisointi muuntimilla 35B, 35C ja 35D ennen syöttämistä vastaavasti näytepuskurille 23, tasonilmaisimelle 25 ja merkkiäänien tunnistuspiiristölle 37. Signaalista $x(i)$ otettut näytteet tallennetaan näytepuskuriin 23, josta tarvittaessa syötetään suodattimelle 21 niiden ja signaalista $y(i)$ otettujen näytteiden välisen korrelaation laskemista varten. Suodattimen 21 kertoimien a_k päivitys suoritetaan tämän korrelaation perusteella.

Adaptiivinen digitaalinen suodatin 21 on esimerkiksi digitaalinen transversaalisuodatin, joka mallintaa kaikutien impulssivastetta. Kuviossa 3 on esitetty periaatekuva eräästä adaptiivisesta digitaalisesta transversaalisuodattimesta, jota voidaan käyttää kuvion 2 kaiunpoistajassa suodattimena 21. Signaali $y(i)+r(i)$ on lähipäästä eli portista S_{in} tuleva signaali. Suodattimeen 21 otetaan näytteitä signaalista $x(i)$. Näytteitä viivästetään yhden näytteen viivelohkoilla z^{-1} ja viivästettyjä näytteitä painotetaan suodattimen 21 kertoimilla $a_k = a_0, a_1, \dots, a_{n-1}$. Tällöin suodattimella 21 muodostettu estimoitu kaikusignaali on

$$r'(i) = \sum_{k=0}^n a_k x(i-k)$$

Tämä kaikuestimaatti $r'(i)$ vähennetään signaalista $y(i)+r(i)$ vähentäjälohkossa 42.

Keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa kaikki kuviossa 2 esitetyt lohkot toteutetaan ohjelmallisesti digitaalisella signaaliprosessorilla.

5 Keksintöä on edellä kuvattu tiettyjen esimerkin-
omaisten kaiunpoistajatyyppeiden ja digitaalisten transver-
saalisuodattimien yhteydessä. Keksinnön mukaista menetel-
mää voidaan kuitenkin soveltaa kaikissa kaiunpoistajissa,
joissa käytetään kaikutietä mallintavaa digitaalista suo-
datinta.

10 Kuviot ja niihin liittyvä selitys on muutoinkin
tarkoitettu vain havainnollistamaan esillä olevaa kek-
sintöä. Yksityiskohdiltaan keksinnön mukainen menetelmä
voi vaihdella oheisten patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä adaptiivisen kaiunpoistajan divergoitumisen estämiseksi kohinaisessa ympäristössä, t u n -
5 n e t t u siitä, että menetelmä käsittää vaiheet:
määritetään keskimääräinen kohinataso kaikutiellä,
määritetään kaikutievaimennus, ja
estetään kaiunpoistajan adaptoituminen, jos kaiku-
tielle lähetettävän, kaikua aiheuttavan signaalin taso
10 pienenee ennalta määrättyyn kynnystasoon, joka on tietyn
marginaalin ja kaikutievaimennuksen verran keskimääräisen
kohinatason yläpuolella.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että mainittu marginaali on noin 1-5
15 dB.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että mainittu kaikutien keskimää-
räinen kohinataso lasketaan kaikutieltä vastaanotetun ko-
hinatason perusteella, kun puheyhteyden kummassakaan pääs-
20 sä ei puhuta.
4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetel-
mä, t u n n e t t u siitä, että mainittu kaikutievaimen-
nus lasketaan kaikutielle lähetetyn signaalitason ja kai-
kutieltä vastaanotetun signaalitason välisestä tasoerosta.

Patentkrav

1. Förfarande för förhindrande av divergering av
en adaptiv ekosläckare i en brusfylld omgivning,
5 k ä n n e t e c k n a t av att förfarandet omfattar
följande steg:

den genomsnittliga brusnivån på ekovägen bestäms,
ekovägsdämpningen bestäms, och
adaptering av ekosläckaren förhindras, ifall
10 nivå hos en signal som sänds på ekovägen och som
åstadkommer ett eko minskar till en förutbestämd
tröskelnivå som överskrider den genomsnittliga brusnivån
med en viss marginal och med ekovägsdämpningen.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e -
15 t e c k n a t av att nämnda marginal är omkring 1-5 dB.

3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2,
k ä n n e t e c k n a t av att nämnda genomsnittliga
brusnivå på ekovägen räknas på basis av brusnivån som
mottagits från ekovägen, då det inte talas i någondera
20 ändan av samtalsförbindelsen.

4. Förfarande enligt patentkrav 1, 2 eller 3,
k ä n n e t e c k n a t av att nämnda ekovägsdämpning
räknas från nivåskillnaden mellan den på ekorutten sända
signalnivån och den från ekovägen mottagna signalnivån.

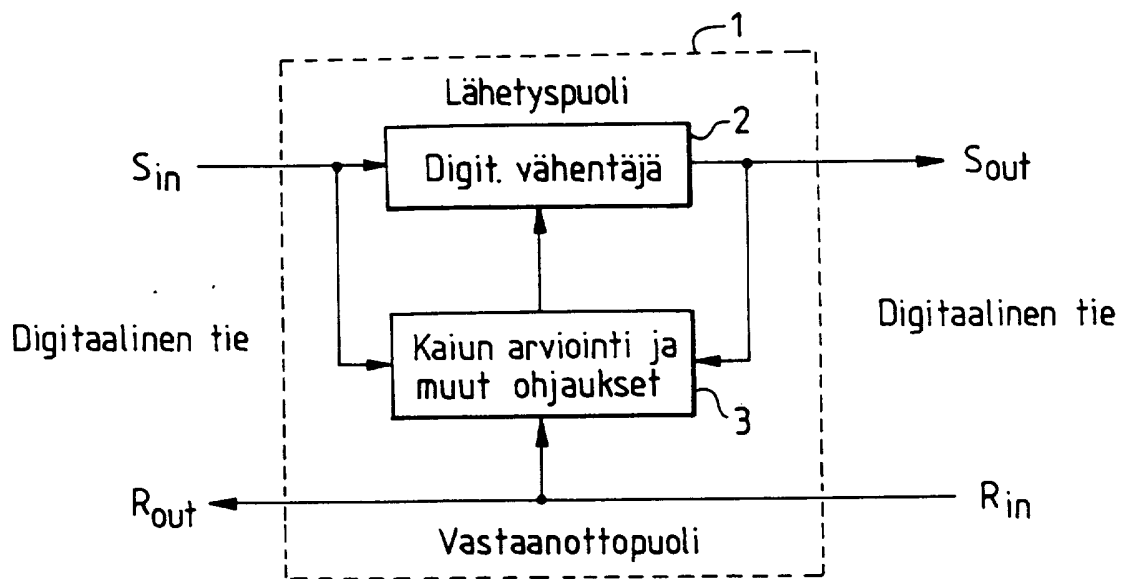


FIG. 1

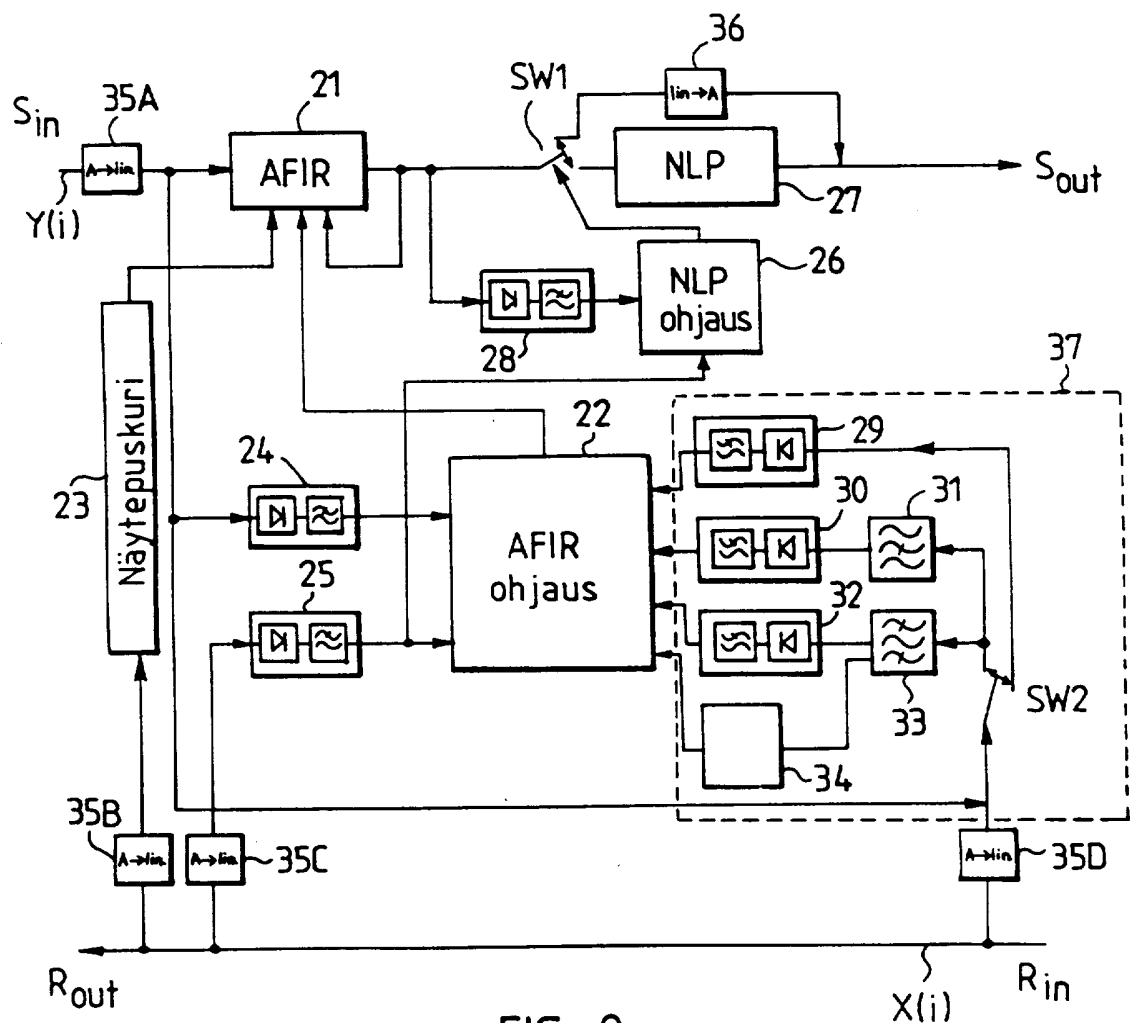


FIG. 2

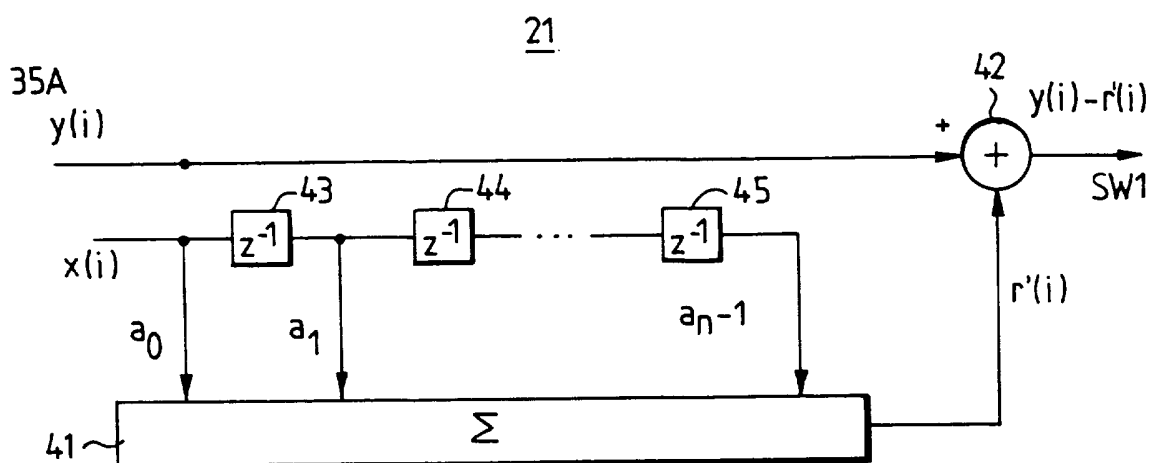


FIG. 3

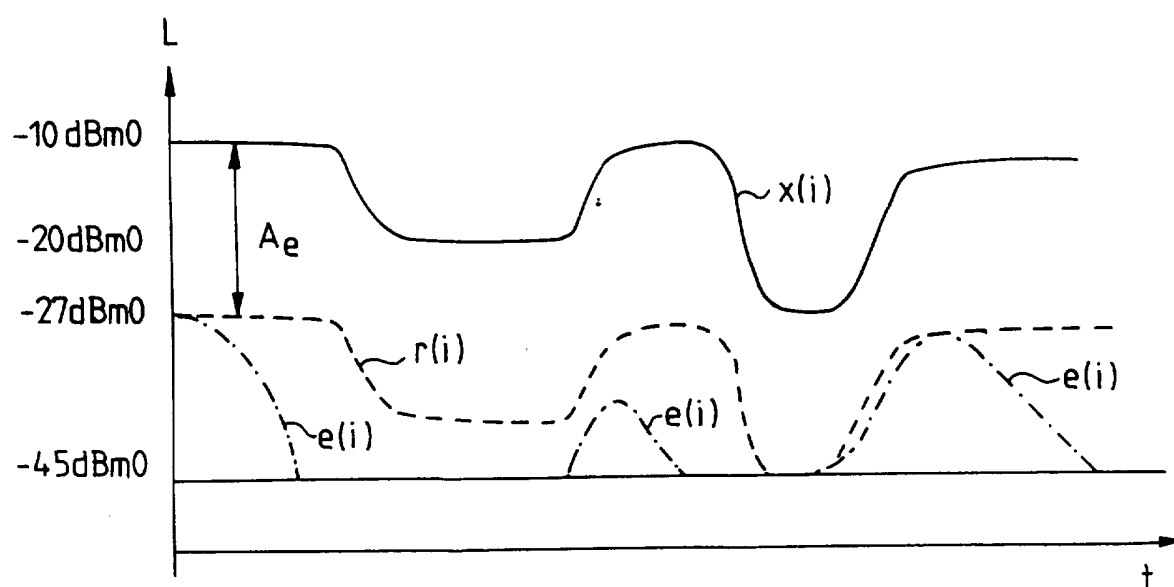


FIG. 4