



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 0432/92

(51) Int.Cl.6

H 04 R 25/00

(22) Indleveringsdag: 31 mar 1992

(41) Alm. tilgængelig: 01 okt 1993

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 06 nov 1995

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: -

(73) Patenthaver: *GN Danavox A/S; Mårkærvej 2A; 2630 Taastrup, DK

(72) Opfinder: Roy Skovgaard *Hansen; DK

(74) Fuldmægtig: Larsen & Birkeholm A/S Skandinavisk Patentbureau

(54) Høreapparat med kompensation for akustisk tilbagekobling

(56) Fremdragne publikationer

EP offentl.skr.nr. 415677

US patent nr. 5016280

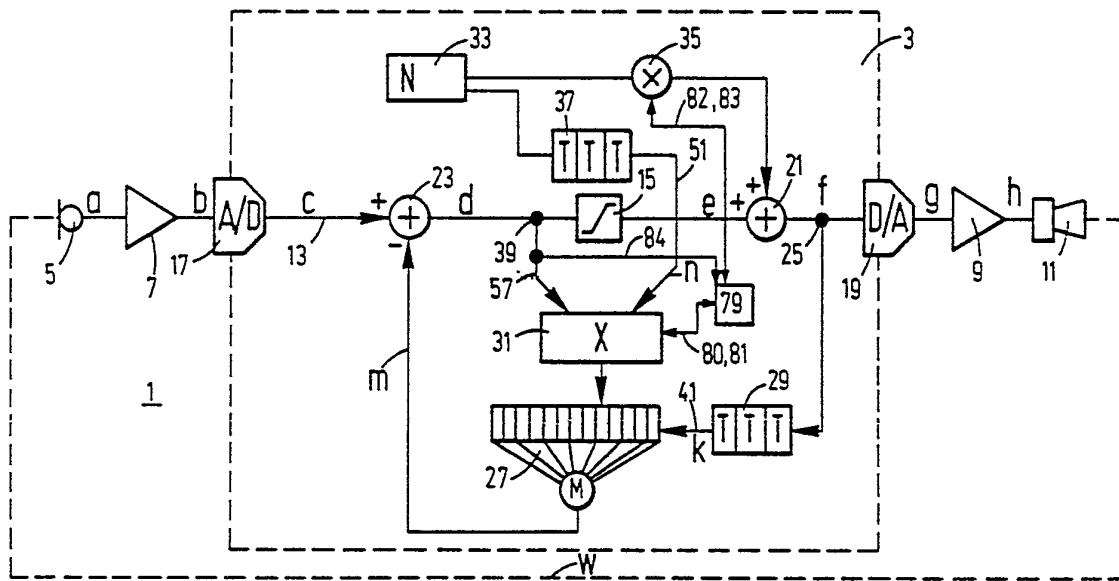
(57) Sammendrag:

432-92

Et høreapparat med digital, elektronisk kompensering af akustisk tilbagekobling omfatter en mikrofon (5), en forforstærker (7), et digitalt kompenseringskredsløb (3), en udgangsforstærker (9) og en lydgenerator (11).

Det digitale kredsløb (3) omfatter en støjgenerator (33) for indføring af målestøj samt et indstilleligt, digitalt filter (27) for tilpasning af modkoblingssignalet. Tilpasningen sker under anvendelse af et korrelationskredsløb (31). Kredsløbet omfatter yderligere et digitalt kredsløb (79), der foretager en statistisk vurdering af filterkoefficienterne i korrelationskredsløbet og omkobler modkoblingsfunktionen afhængigt af denne vurdering.

Fig.1



HØREAPPARAT MED KOMPENSATION FOR AKUSTISK TILBAGEKOBLINGTeknikkens standpunkt

5 Opfindelsen angår et digitalt høreapparat, som nærmere angivet i krav 1's indledning.

Et sådant apparat med digital undertrykkelsen eller kompensering af akustisk tilbagekobling er kendt fra ansøgerens
10 tidligere europæiske patentansøgning nr. 90309342.5 (publikations nr. EP-A2-0415677). Nærværende ansøgning er beslægtet med denne europæiske ansøgning, som blev indleveret den 24. august 1990, og alt hvad der er anført i nævnte patentansøgning indgår derfor i nærværende ansøgning med denne
15 henvisning.

Fra EP-A2-0.415.677 er det kendt, at man overvåger det digitale filter og ændrer på koefficienterne, når der sker ændringer i den akustiske tilbagekoblingsvej, idet et digitalt kredsløb overvåger og styrer opdateringen af koefficienterne i filteret. Opdateringen af filterkoefficienterne kan ske efter to forskellige funktioner, hvor den ene funktion er hurtigere end den anden, idet valget styres af niveauet af det filtrerede signal målt med en diskriminator.
20
25

Et sådant apparat har vist sig at fungere i praksis efter hensigten. For at apparatet ikke alligevel skal gå i sving, skal kompenseringen, der sker i form af opdatering af koefficienter i et digitalt filter i et tilbagekoblingskredsløb, ske ved hjælp af en algoritme, der tager hensyn til fejlen i filteret, det vil sige forskellen mellem filterets aktuelle indstilling og den ønskede indstilling. Et sådant apparat vil ikke altid være hurtig nok til at tilpasse sig pludselige ændringer i den akustiske tilbagekoblingsvej,
30
35 selv om det alligevel er i stand til at kompensere for den

opståede akustiske tilbagekobling. Manglende hastighed i tilpasningsfunktionen vil kunne give uønskede akustiske signaler, som er hørbare for brugeren af høreapparatet. Det er derfor meget vigtigt, at omkoblingen sker ud fra en præcis vurdering af de aktuelle forhold.

Fordele ved opfindelsen

Nærværende opfindelse har til formål at øge tilpasningshastigheden, uden at der herved opstår ulemper for brugeren af høreapparatet. For at være helt sikker på, at apparatet ikke går i sving, må den algoritme, der sørger for opdatering af koefficienterne i det digitale filter i kompensningskredsløbet, tage hensyn til, at filterfejlen er afhængig af antallet af koefficienter, signal-/støjforhold, inputniveau, volumen, og hvor meget der peak-klippes i begrænserkredsløbet. En så omfattende algoritme vil ikke være særlig hurtig til at tilpasse sig ændringer i den akustiske tilbagekoblingsvej, men vil til gengæld give en sikker og præcis tilpasning af filteret under stationære forhold i tilbagekoblingsvejen.

Ved at udforme høreapparatet ifølge opfindelsen og som angivet i krav 1's kendetegnende del, sker opdateringen af koefficienterne i filteret efter valg mellem et antal algoritmer, så høreapparatet vælger mellem alternative algoritmer til den grundlæggende algoritme, når der sker en signifikant ændring i den akustiske tilbagekoblingsvej, hvilket konstateres ved en statistisk vurdering af filterkoefficienterne. Er f.eks. ændringen således, at der opstår en større akustisk tilbagekobling, vælger høreapparatet straks en algoritme med større tilpasningshastighed. Dette sker f.eks. ved at tilsætte mere målestøj og/eller øge tilpasningshastigheden udover, hvad den grundlæggende algoritme foreskriver. Den hurtige tilstand varer, indtil kredsløbet konstaterer, at filterkoefficienterne atter er stabile,

hvorefter kredsløbet automatisk kobler tilbage til den grundlæggende algoritme for løbende justering af den elektroniske kompensering.

5 Det digitale filter vil søge at indstille sig således, at dets koefficienter svarer til impulsresponsen for åbensløjfeforestærkningen af høreapparatets øreprop m.v. Hvis filteret når denne tilstand, kommer der imidlertid ikke noget målesignal tilbage. Det vil derfor være omgivelsernes lyd
10 alene, som filteret forsøger at indstille sig efter. Dette medfører derfor, at filteret igen kommer ud af balance, indtil der kommer målesignal tilbage, som herefter vil få koefficienterne til at bevæge sig tilbage mod den ideelle værdi. I praksis ses dette, som om koefficienterne står og
15 bevæger sig tilfældigt op og ned i forhold til en gennemsnitsværdi, som er lig den ideelle. Sandsynligheden for at en koefficient afviger en given afstand fra gennemsnittet, kan beskrives med en normal fordeling.

20 Den foreslåede måde til opdatering af koefficienterne i filteret ifølge opfindelsen gør, at spredningen af de enkelte koefficienter kun afhænger af volumen og antal koefficienter i filteret. Dette betyder, at uanset hvilket input filteret præsenteres for, vil det altid være stabilt,
25 når det filter, det skal modulere, er konstant. Dette er den statistiske vurdering af filterkoefficienterne.

For at kunne følge denne ændring af omgivelserne kan man sætte opdateringshastigheden for filteret op ved at tilsætte
30 mere målestøj på udgangen af høreapparatet og tillade større afvigelser af koefficienterne.

Hver gang filterets afvigelse overskrider den fastsatte grænse, gemmes en ny kopi af koefficienterne. Hvis der i et
35 tidsrum, som beregnes ud fra den givne opdateringshastighed, ikke har været overskridelser af grænsen, kan man gå

ud fra, at omgivelserne igen har nået en stabil tilstand, hvorefter der kobles tilbage til den grundlæggende algoritme.

5 Ved nogle høreapparater er det tilstrækkeligt med to algoritmer, en grundlæggende og en hurtig algoritme, mens der ved andre apparater anvendes et antal algoritmer med forskellig tilpasningshastighed og eventuelt forskellige tilpasningsfunktioner, som styres af det digitale kredsløb, 10 som overvåger koefficienterne i det digitale filter.

Måling af ændringer, der er så store, at kredsløbet skifter fra den generelle algoritme til en alternativ, f.eks. en hurtigere algoritme, udføres som anført ved en statistisk 15 overvågning af koefficienterne i det digitale filter. Der er for eksempel sket en signifikant ændring i den akustiske tilbagekoblingsvej, når én eller flere koefficienter under ændring kommer ud over 4 x den beregnede standardafvigelse.

20 Tegningen

Opfindelsen forklares herefter nærmere under henvisning til tegningen, idet

25 fig. 1 viser et blokdiagram af et høreapparat ifølge opfindelsen,

fig. 2 viser en mere detaljeret udformning af blokdiagrammet i figur 1,

30 fig. 3 viser et blokdiagram over tilpasningsdelen af høreapparatet i figur 1 og 2,

fig. 4 og 5 viser blokdiagrammer over pseudo-tilfældig- 35 binær talgenerator og en variant heraf, og

fig. 6 viser et blokdiagram over støjniveau-kontrolkredsløbet i høreapparatet i figur 2.

Beskrivelse af den foretrukne udførelsesform

5

Den efterfølgende beskrivelse under henvisning til tegningens figur 1 til 6 af den foretrukne udførelsesform for opfindelsen er kun et eksempel på, hvordan opfindelsen kan udøves i praksis. På alle tegningens figurer er anvendt samme henvisningsbetegnelser for ens komponenter eller kredsløb med videre.

10

I figur 1 er vist et høreapparat omfattende en lydoptager, for eksempel i form af en mikrofon 5, en forforstærker 7, et digitalt tilpasningskredsløb 3, en udgangsforstærker 9 og en lyd gengiver 11, for eksempel en miniature elektroakustisk transducer.

15

Forforstærkeren 7 er af almindelig kendt art, for eksempel den, der er kendt fra ansøgerens tidligere europæiske ansøgning nr. 90309342.5, og udgangsforstærkeren 9 er ligeledes af almindelig kendt art, for eksempel svarende til den udgangsforstærker, der anvendes i høreapparatet i ansøgerens tidligere europæiske ansøgning nr. 90309342.5.

25

I forbindelsen 13 mellem forforstærkeren 17 og udgangsforstærkeren 9 og afgænses med den punkterede ramme er det digitale tilpasningskredsløb 3 vist, idet der dog intet er til hinder for, at kredsløbet 3 kan være et blandet analog og digital kredsløb, men i den foretrukne udførelsesform anvendes et rent digitalt kredsløb.

30

Indgangen til det digitale tilpasningskredsløb 3 omfatter en A/D konverter 17 og udgangen på kredsløbet omfatter en D/A konverter 19. I kredsløbet c, d, e og f mellem indgangen 17 og udgangen 19 er anbragt et digitalt begrænserkredsløb 15,

35

hvilket begrænserkredsløb er af kendt art, for eksempel som kendt fra ansøgerens tidligere europæiske ansøgning nr. 90309342.5. Begrænserkredsløbet 15's funktion er at hindre det elektriske signal i at nå et amplitude-niveau, der overskrider grænserne for udgangsforstærkeren 9 og lydgen-
5 giveren 11's lineære område og som forklaret i nævnte europæiske ansøgning.

Et digitalt additionskredsløb 21 er indskudt i banen mellem
10 begrænserkredsløbet 15 og D/A omsætteren 19. Additionskredsløbet 21 udgør et sted for indføring af et støjsignal N som forklaret senere. Et digitalt subtraktionskredsløb 23 er indskudt i banen mellem A/D omsætteren 17 og begrænserkredsløbet 15. Subtraktionskredsløbet 23 omfatter midler
15 til indføring af elektrisk modkobling som også forklares senere.

Den normale signalvej for et ønsket signal fra mikrofonen 5 til lydgen-
20 giveren 11 er den direkte kredsløbsvej a-b-c-d-e-f-g-h som vist på figur 1. Det skal bemærkes, at den elektriske vej a, b, g og h er indrettet til analogsignaler og omfatter således sædvanligvis blot en enkelt leder, medens den elektriske signalvej c, d, e og f er indrettet til digitale signaler og vil således omfatte et antal parallelle
25 ledere, for eksempel 8 eller 12 ledere, anhängigt af bitantallet fra A/D omsætteren 17.

Elektrisk modkobling fremkommer fra et udtag 25 i afsnit f i den digitale signalvej mellem additionskredsløbet 21 og
30 D/A omsætteren 19, det vil sige, at det elektriske, digitale modkoblingssignal omfatter en støjsignal-komponent. Modkoblingssignalet ledes gennem et tilpasningsfilter 27, der er vist som et "begrænset impuls svar filter", et såkaldt FIR-filter (Finite - Impulse - Response filter), og efter
35 at modkoblingssignalet har passeret dette filter, føres det til det digitale subtraktionskredsløb 23 via en digital

signalvej m. Fortrinsvis er det digitale signal fra udtag 25 ført via et forsinkelseskredsløb 29, før det via den digitale ledning k som et digitalt signal 41 er ført til FIR-filteret 27. Forsinkelsen i kredsløbet 29 er af samme størrelse som den minimale akustiske vejlængde mellem lyd-giveren 11 og mikrofonen 5 og skal indføre en forsinkelse svarende hertil. Det er ikke nødvendigt at indføre en sådan forsinkelse ved hjælp af forsinkelseskredsløbet 29, men hermed undgås væsentlig redundans i filtre og korrelationskredsløb, så det samlede kredsløb forenkles. Impulsvaret fra filteret 27 tilpasses løbende styret af koefficienter fra et korrelationskredsløb 31. Korrelationskredsløbet 31 søger løbende efter korrelation mellem den indførte digitale støj og en hvilken som helst støjkomponent i restsignalet i forbindelsen d efter det digitale subtraktionskredsløb 23. Det indførte støjsignal N genereres fra en støjkilde 33 og indføres via det digitale additionskredsløb 21 efter niveaujustering i reguleringskredsløbet 35. Støjsignalet er også koblet til en referenceindgang på korrelationskredsløbet 31 via et andet forsinkelseskredsløb 37, der også indfører en forsinkelse af samme størrelse som den minimale akustiske vejlængde mellem lyd-giveren 11 og mikrofonen 5 via signalvejen n. Restsignalet på ledningen d udgør indgangssignalet på korrelationskredsløbet 31, idet signalet føres hertil fra et punkt 39 på ledningen d og ved hjælp af den digitale ledning 57.

Herudover er der indsat et kredsløb 79 i form af et algoritme-styre-kredsløb, som afgør, efter hvilken algoritme korrelationskredsløbet 31 skal sende koefficienter videre til filteret 27, idet algoritme-styrekredsløbet 79 via de digitale forbindelser 80, 81 løbende overvåger og styrer korrelationskredsløbet 31. Algoritme-styrekredsløbet 79 styrer ligeledes tilførslen af digital støj fra støjgeneratoren 33 ved at regulere niveauet i kredsløbet 35 via ledningen 82. Desuden hentes via ledningen 84 restsignalet fra

udtag 39 og via ledningen 83 hentes amplituden af støjsignalet og, se figur 2, volumensignalet hentes via ledningen 86, hvilket forklares senere.

5 Det elektriske udgangssignal fra punkt 25 føres således via
forsinkelseskredsløbet 29 til tilpasningsfilteret 27 (FIR)
og til subtraktionskredsløbet 23 som det endelige modkob-
lingssignal, hvor subtraktionen fra indgangssignalet fore-
10 tages. I en optimal situation vil modkoblingssignalet fuld-
stændig svare til et uønsket akustisk tilbagekoblingssig-
nal, der via en tilbagekoblingsvej w forløber fra lydgen-
veren 11 til mikrofonen 5. Hvis modkoblingssignalet og sig-
nalet fra den akustiske tilbagekobling er helt identiske,
vil der intet restsignal fra den akustiske tilbagekobling
15 være på ledningen d , fordi det digitale modkoblingssignal
fra ledningen m fuldstændig vil udslukke det akustiske til-
bagekoblingssignal.

For at filteret 27 kan indstilles korrekt, adderes støj-
20 signalet N , efter niveauregulering i kredsløbet 35, via ad-
ditionskredsløbet 21 til udgangssignalet. Støjsignalet vil
således findes både i det indre modkoblingskredsløb 3 og i
den ydre akustiske tilbagekoblingsvej w . Støjsignalet vil
således passere D/A omsætteren 19 og via forstærkeren 9 nå
25 lyd giveren 11 og omsættes til et akustisk signal, der over-
lejres det ønskede signal. Niveauet af støjsignalet ind-
stilles således at det ikke generer hørerapparatbruger.

I praksis udslukker de nævnte to signaler ikke hinanden
30 fuldstændigt og lidt støj samt andre tilbagekoblingssigna-
ler er tilstede i restsignalet på den digitale ledning d og
detekteres af korrelationskredsløbet 31, der løbende søger
efter korrelation mellem restsignalet og den tidsforsinkede
udgave af støjsignalet n . Korrelationskredsløbet 31's ud-
35 gangssignal er et udtryk for restsignalet og anvendes til
at styre filteret 27 ved ændring af filterets filterkoeffi-

cienter. Tilpasningen er indrettet således at filteret 27 løbende indstilles så modkoblingssystemet søger mod en situation, hvor støjen udslukkes. Fysiske ændringer i omgivelserne for høreapparatet og høreapparatbrugeren og begrænsninger i den algoritme, der styrer systemet, medfører, at fuldstændig udslukning ikke altid kan opnås, hvorfor algoritme-styre-kredsløbet 79 er indført.

Først skal dog redegøres for det indførte støjsignal. Sædvanligvis anvendes et støjsignal N med et bestemt spektralt indhold, nemlig med konstant niveau over hele det frekvensområde, som høreapparatet er indrettet til at betjene, et såkaldt hvid-støjsignal. Der kan anvendes et såkaldt pseudo-tilfældigt-binær-rækkefølge støjsignal med passende bitgentagelse som støjsignal. Et sådant støjsignal kan nemt genereres for eksempel under anvendelse af det på figur 4 viste kredsløb. Man anvender et tidsstyret skifteregister 103 ved flergangsmodkobling via eksklusiv-eller-port 105. Et sådant kredsløb frembringer signaler med et mønster, der repeteres efter hver $2^M \div 1$ bit, hvor M er antallet af trin i generatoren. Tilfredsstillende støjsignaler opnås med en repetitionslængde fra 127 samples til 32.767 samples, det vil sige under anvendelse af et kredsløb med 7 til 15 trin.

Valget af støjsignal sker udfra ønsket om at have lav autokorrelation over enhver tidsperiode, som er af samme størrelsesorden som tilpasningskredsløbets tidskonstant, det vil sige typisk omkring et sekund. Hvis det akustiske tilbagekoblingssignal er periodisk, for eksempel et sinusformet signal, fås ikke altid stabil udslukning, idet tilpasningskredsløbet i sådanne situationer kan pendle, hvilket kan give hørbare signaler for brugeren. Sådanne effekter kan elimineres ved en øget tilfældighed i støjgenereringen. Dette er vist på figur 5, hvor udgangssignalet fra støjgenerator-kredsløbet 103, 105 føres til den ene indgang på en yderligere eksklusiv-eller-port 107, hvis anden ind-

gang er forbundet til en kilde for tilfældige signaler RB i en tilfældighedsgenerator 109, som for eksempel kan være den mindst signifikante digitale udgangsport i A/D omsætteren 17 i høreapparatet. Dette har en væsentlig forøget effekt, hvad angår tilfældigheden i bitsekvensen, og eliminerer således eventuel pendling. Støjgenerator kredsløbene vist på figur 4 og 5 er iøvrigt af den samme art som i ansøgerens tidligere europæiske ansøgning nr. 90309342.5.

Yderligere detaljer ved et høreapparat ifølge opfindelsen vist på tegningens figur 2 og omfattende en brugerbetjent volumenkontrol 73 samt en ligeledes brugerbetjent indstillingsmodstand 75 for indstilling af niveauet i begrænserkredsløbet 15.

15

I et høreapparat er der sædvanligvis en volumenkontrol, som kan betjenes af brugeren. Denne kan anbringes i mikrofonforstærkeren eller foran udgangsforstærkeren, men i begge tilfælde må tilpasningsfilteret 27 ændre sine koefficienter, når volumenkontrollens indstilling ændres. I figur 2 er vist en multiplikationsforstærker 77 mellem udtaget 39 og amplitudebegrænserkredsløbet 15. Forstærkeren 77 er koblet til volumenkontrollen 73 via en A/D konverter 67 og fra indgangen til forstærkeren 77 er ført en digital leder 86 til algoritme-styrekredsløbet 79, så dette kredsløb kan af-taste volumen-indstillingen.

Amplitudebegrænsekredsløbet 15 kan også være brugerbetjent, idet potentiometeret 75 er koblet til forstærkeren 15 via en A/D konverter 69. Det er jo ønskeligt, at begrænseren 15 er brugerbetjent, da begrænserkredsløbet bestemmer det maksimale lydtryksniveau, som kan påtrykkes brugerens øre. Udgangsniveauet kan reduceres uden at reducere forstærkerens forstærkning, hvilket er af betydning. Det maksimale positive og negative lydtryk reguleres således af brugeren med potentiometeret 75. Af figur 2 er iøvrigt vist, at de 2 po-

35

tentiometre 73 og 75 er forbundet til en fælles reference-spændingskilde 71.

5 Som foran nævnt kan niveauet af den tilsatte støj reguleres for at opnå optimal tilpasning. I figur 2 ses at forstærkeren 35 efter støjgeneratoren 33 styres af en beregningsenhed 65, for eksempel i form af et enkelttrins rekursiv-filter, for eksempel vist i figur 6. Enheden 65 er via tovejsforbindelsen 82, 83 koblet til algoritme-styreenheden 79, 10 så enheden 79 kan hente støjamplituden fra enheden 65, og således at signal/målestøjforholdet kan reguleres af algoritme-styreenheden 79.

På figur 6 ses, at indgangen til enheden 65 tages fra punkt 15 63 (se figur 2) i forbindelsen mellem punkt 39 ved indgangen til korrelationskredsløbet og støjindføringskredsløbet 21. Beregningsenheden 65 har et flerværdi-udgangssignal, der er en funktion af niveauet i punkt 63, og vælges således at summen af det ønskede signal fra begrænsningskredsløbet 15 og det hertil tilføjede støjsignal ikke overstiger 20 måtningsniveauet i nogen af de komponenter, der følger efter, især additionskredsløbet 21, D/A omsætteren 19, udgangsforstærkeren 9 og lyd gengiveren 11.

25 Det rekursive filter 65 er af første orden og omfatter som vist på figur 6 et første kredsløb 111 til måling af det absolutte signalniveau. Herefter følger en første multiplikationsforstærker 113, der frembringer et udgangssignal, som er en sekstendedel af det oprindelige niveau, og fører 30 dette signal til en additionsforstærker 115, som også tilføjes et signal, der er forsinket en sample ved hjælp af forsinkelseskredsløbet 117 og vægtet af femten sekstendele ved hjælp af en anden multiplikationsforstærker 119. Udgangssignalet fra denne del af førsteordens rekursiv-filte- 35 ret bliver hermed vægtet en bestemt faktor, f.eks. mellem en kvart og en sekstendedel. Kredsløbet er iøvrigt indret-

tet som vist i ansøgerens tidligere europæiske ansøgning nr. 90309342.5. Via ledningerne 82 og 83 er kredsløbet koblet til algoritme- styreenheden, således at signalet/målestøjforholdet kan indstilles af algoritme-styreenheden 79.

5

Korreleringskredsløbet 31 og FIR-filteret 27 er vist detaljeret på tegningens figur 3. FIR-filteret 27 er et standard digitalt filter af denne type, som omfatter en forsinkelseslinie 41, en første multiplikationsforstærker 45 forud for det første forsinkelsestrin 43 og en yderligere multiplikationsforstærker 45 efter hvert forsinkelsestrin. Multiplikationsforstærkerne 45 er alle forbundet parallelt med hver sin digitale adderingskreds 49.

15

Det digitale signal på forsinkelseslinien k passerer således en række forsinkelsestrin 43 for at frembringe en række sekventielle signaleksemplesinger $x(n)$, $x(n+1)$, $x(n+2)$... etc., hvor $x(n)$ er den seneste digitale sample af signalet. Hver eksemplering er forsinket en periode styret af masteruret, der styrer A/D omsættere 17 og D/A omsætteren 19. Typisk for et alt-i-øret høreapparat er, at den øverste frekvensgrænse er af størrelsesordenen 7 kHz. Hertil kræves af master-urets frekvens skal være mindst 14 kHz og i praksis mindst 20 kHz. For bag-øret høreapparater er båndbredden i de fleste tilfælde lidt lavere, så en lavere master-ur frekvens på af størrelsesordenen 10 kHz vil være tilstrækkelig. En master-ur oscillator inklusive et styrbart kapacitets-filter kan anvendes og kan forindstilles til at frembringe en master-ur frekvens på enten 10 kHz eller 20 kHz. FIR-filteret 27 er iøvrigt indrettet på tilsvarende måde som FIR-filteret i ansøgerens tidligere europæiske ansøgning nr. 90309342.5.

35

Filteret fungerer som følger:

$$y(n) = \sum_{m=0}^{N-1} [h(m) * x(n-m)]$$

5

I dette udtryk er hver af koefficienterne $h(m)$ opdateret i hver takt fra master-uret og et nyt udgangssignal $y(n)$ bliver beregnet. Tilpasningen sker ved styret tilpasning af værdien af koefficienten $h(m)$. Et korrelationskredsløb 31 hertil er også vist på figur 3. Korrelationskredsløbet 31 er udformet til at tilpasse filteret 27 i henhold til Widrow-Hoff algoritmen (B.Widrow et al "Stationary and non-stationary learning characteristics of the LMS adaptive filter", Proc. IEEE volume 24 pages 1161 - 1162, August 1976). Hver koefficient $h(m)$ er justeret i hver taktcyklus, idet justeringen foregår ved at øge eller mindske koefficientens værdi, det vil sige dens størrelse og fortegn, hvilket foretages af korrelationskredsløbet 31. Hver koefficient $h(m)$ lagres særskilt i hver sit lager 59.

Korrelationskredsløbet 31 omfatter en forsinkelseslinie 51 med et antal enkelt-bit forsinkelsestrin 53. Antallet af trin svarer til antallet af trin 43 i FIR-filteret 27. Indgangssignalet til forsinkelseslinien 51 og udgangssignalet fra hver forsinkelsestrin 53 er koblet til referenceindgangen på et digitalt multiplikationstrin 55. Den anden indgang på hver multiplikationstrin 55 er koblet til et fælles sæt digitale ledere 39. Forsinkelseslinien 51 er koblet, således at den modtager støjsignalet N fra støjkilden 33 og forsinkelseslinien 37, medens det fælles sæt af digitale ledere 39 er koblet til d for at modtage restsignalet. Udgangen af hvert multiplikationstrin 55 er koblet til et tilpasnings-skalafaktorkredsløb 61, der via et additionskredsløb 57 fører signalet til et koefficientlager 59. Kredsløbet er iøvrigt indrettet som forklaret i ansøgerens

tidligere europæiske ansøgning nr. 90309342.5. Herudover er der indført koefficientregistrene 91. Til tiden $n = 0$ kopieres alle koefficienterne via ledningen 89 over i deres kopiregister 91. Via adderingskredsløbet 90 måles forskellen mellem kopien og den aktuelle koefficients værdi, hvilken forskel via ledningen 81 sendes til algoritme-styreenheden 79. Via ledningen 80 fra algoritme-styreenheden 79 styres opdateringsstørrelsen på de enkelte koefficienter udfra parametre, som er hentet ind til algoritme-kontrolenheden 79 og som efterfølgende forklaret.

For at være sikker på, at et høreapparat med indbygget digital modkobling ikke går i sving af sig selv, må man sørge for, at opdateringen i korrelationskredsløbet 31 sker udfra en algoritme, der tager hensyn til, at fejl i filteret er afhængig af:

Antallet af koefficienter, signal/støjforhold, inputniveau, volumen og hvormeget signalet peak-klippes. Dette kan beskrives i følgende udtryk:

$$\mu = \frac{k}{E(s) \cdot S/N \cdot \text{vol} \cdot (L-1)^2}$$

25

Hvor:

30 $E(s)$ angiver input amplitudens indflydelse,

S/N angiver signal/støjforholdets indflydelse,

vol angiver volumens indflydelse,

35 $(L-1)^2$ angiver koefficientantallets indflydelse, og

hvor peak-klipniveauets indflydelse sker via S/N forholdet, idet

$$S/N = \frac{E(s) \cdot \text{vol}}{E(\text{støj})}$$

5

k angiver en konstant,

$E(\text{støj})$ angiver amplituden af støjsignalet.

10

En sådan algoritme kan karakteriseres som en algoritme, der giver en statistisk sikker opdatering af filteret, når den externe tilbagekobling er konstant.

15

Et apparat med en sådan algoritme vil ikke være særlig hurtig til at tilpasse sig ændringer i tilbagekoblingsvejen. Da man imidlertid kender den statistiske sandsynlighed for, at koefficienterne i filteret ændrer sig, det vil sige, hvornår der sker variationer i antallet af filterkoefficienter, der er under ændring, kan man herved konstatere, når der er en signifikant ændring i tilbagekoblingsvejen. Fastlægger man for eksempel, at der er tale om en signifikant ændring i tilbagekoblingsvejen, når koefficienterne i filteret kommer ud over 4x standardafvigelsen, er der sket en

20

signifikant ændring i den akustiske tilbagekoblingsvej. Så snart algoritme-styrekredsløbet 79 konstaterer en sådan ændring, reagerer kredsløbet ved at accelerere tilpasningen, idet der via ledningen 82 beordres indføring af mere målestøj, og/eller der på anden måde, f.eks. ved at gøre μ større, beordres øget tilpasningshastighed, hvorved tilpasningskredsløbet hurtigt bringer FIR-filteret til en tilstand, hvor der fuldt kompenseres for ændringerne i den akustiske tilbagekoblingsvej. Så snart algoritme-styrekredsløbet 79 måler, at koefficienterne igen er stabile, reguleres der ned på målestøjniveauet eller på μ -værdien, og modkoblingskredsløbet opererer atter efter den sikre algorit-

30

35

me.

5 Et apparat med en sådan "dobbelt algoritme" vil være i stand til at reagere væsentligt hurtigere end det kendte apparat ifølge ansøgerens tidligere europæiske patentansøgning nr. 90309342.5, også selv om der i den statistisk sikre tilstand tilsættes 6 dB mindre støj, således at eventuel indvirkning på brugerkomforten yderligere kan reduceres.

10 Apparatet vil fungere på tilsvarende måde, også hvis det er indrettet til valg mellem flere end to algoritmer, blot der i kredsløbet er indført kriterier for, under hvilke betingelser der kobles fra den grundlæggende og til en af de alternative algoritmer.

15

P A T E N T K R A V

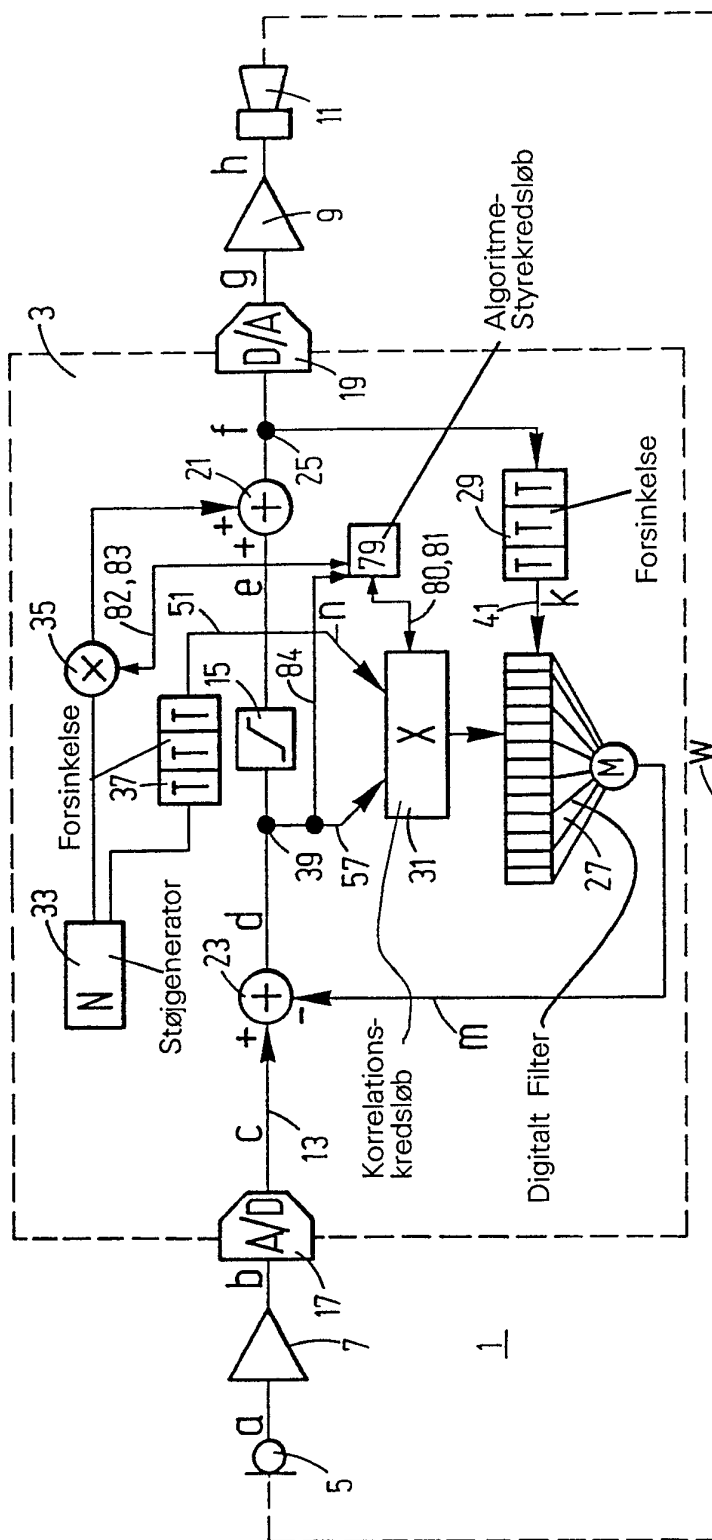
1. Høreapparat, hvori akustisk tilbagekobling mellem lyd-
gengiver (11) og mikrofon (5) er elektronisk kompenseret
5 ved hjælp af et elektrisk tilbagekoblingssignal under an-
vendelse af et indstilleligt digitalt filter (27), hvis ko-
efficienter tilpasses efter den aktuelle akustiske til-
bagekobling, og hvor mikrofonsignalet omsættes til digitale
10 signaler (17), der passerer et amplitude-begrænsningskreds-
løb (15), som er indrettet til at hindre, at lydengiveren
udstyres, så den når ind i sit uliniære område, og hvor mi-
krofonsignalet tilsættes et digitalt støjsignal (33, 21)
og et digitalt kompenseringsignal (27, 23), hvorefter det
15 sammensatte signal føres til en digital-analog omsætter
(19) og det analoge signal herfra føres til lydengiveren
(11) via en forstærker (9), hvorhos apparatet omfatter et
digitalt kredsløb (79), der overvåger og styrer opdatering-
en af koefficienterne i det digitale filter (27) efter én
20 af to eller flere forskellige funktioner, hvor mindst den
ene funktion foretager opdateringen væsentligt hurtigere
end den anden funktion eller de andre funktioner, k e n -
d e t e g n e t ved, at det digitale kredsløb (79) er ind-
rettet til at styre omkoblingen mellem hvilken funktion der
i øjeblikket foretager opdateringen af det digitale filter
25 (27) udfra en statistisk vurdering af filterkoefficienterne
og foretaget af et korrelationskredsløb (31).

2. Høreapparat ifølge krav 1 og hvor det digitale filter
(27) styres af korrelationskredsløbet (31), k e n -
30 d e t e g n e t ved, at det digitale kredsløb (79) styrer
korrelationskredsløbet (31), som forsyner det digitale fil-
ter (27) med filterkoefficienter.

3. Høreapparat ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved,
35 at det digitale kredsløb (79) er indrettet til at foretage
den statistiske vurdering udfra overvågning af samtlige

filterkoefficienter, der i øjeblikket ændres.

Fig.1



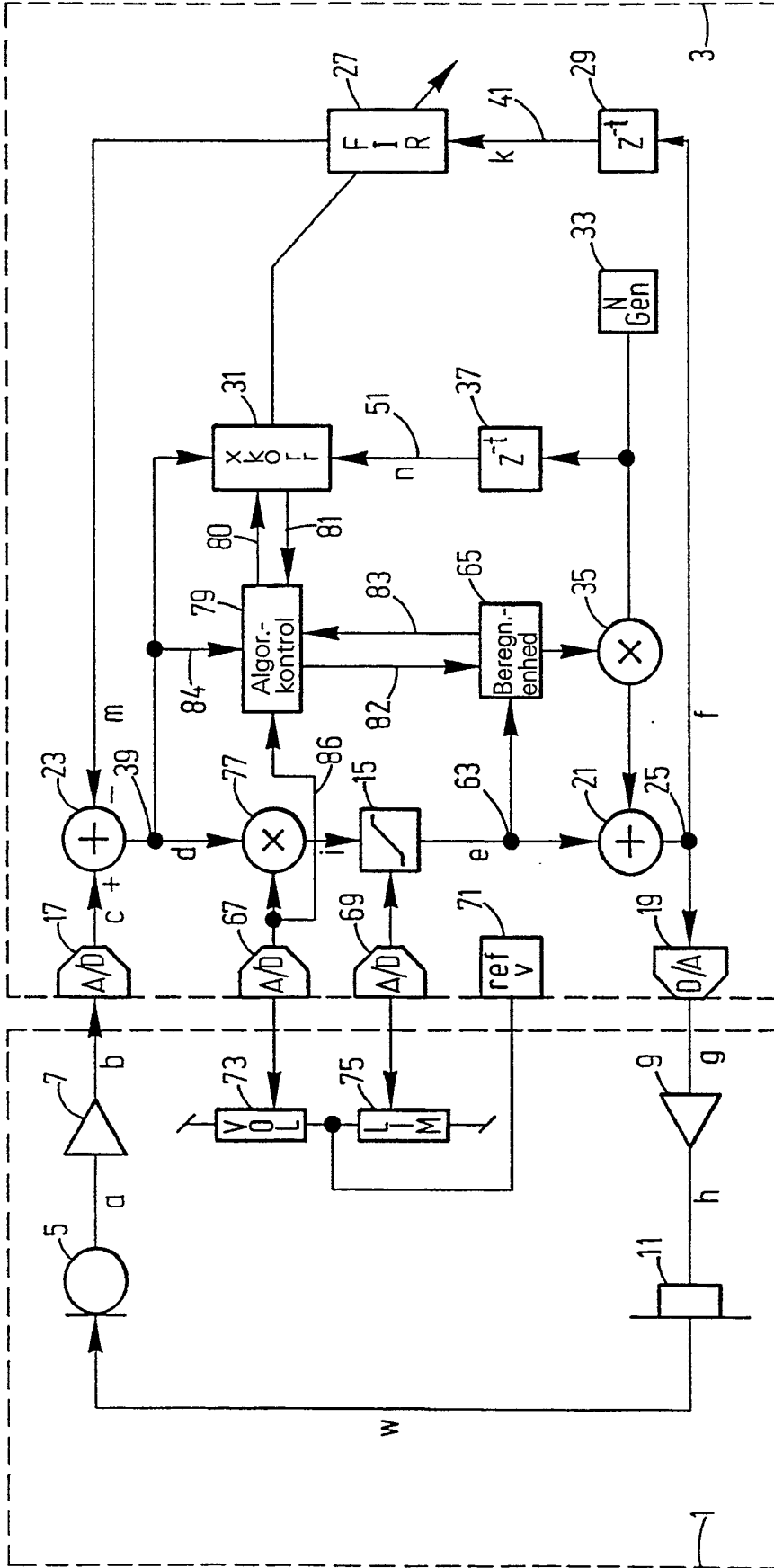


Fig. 2

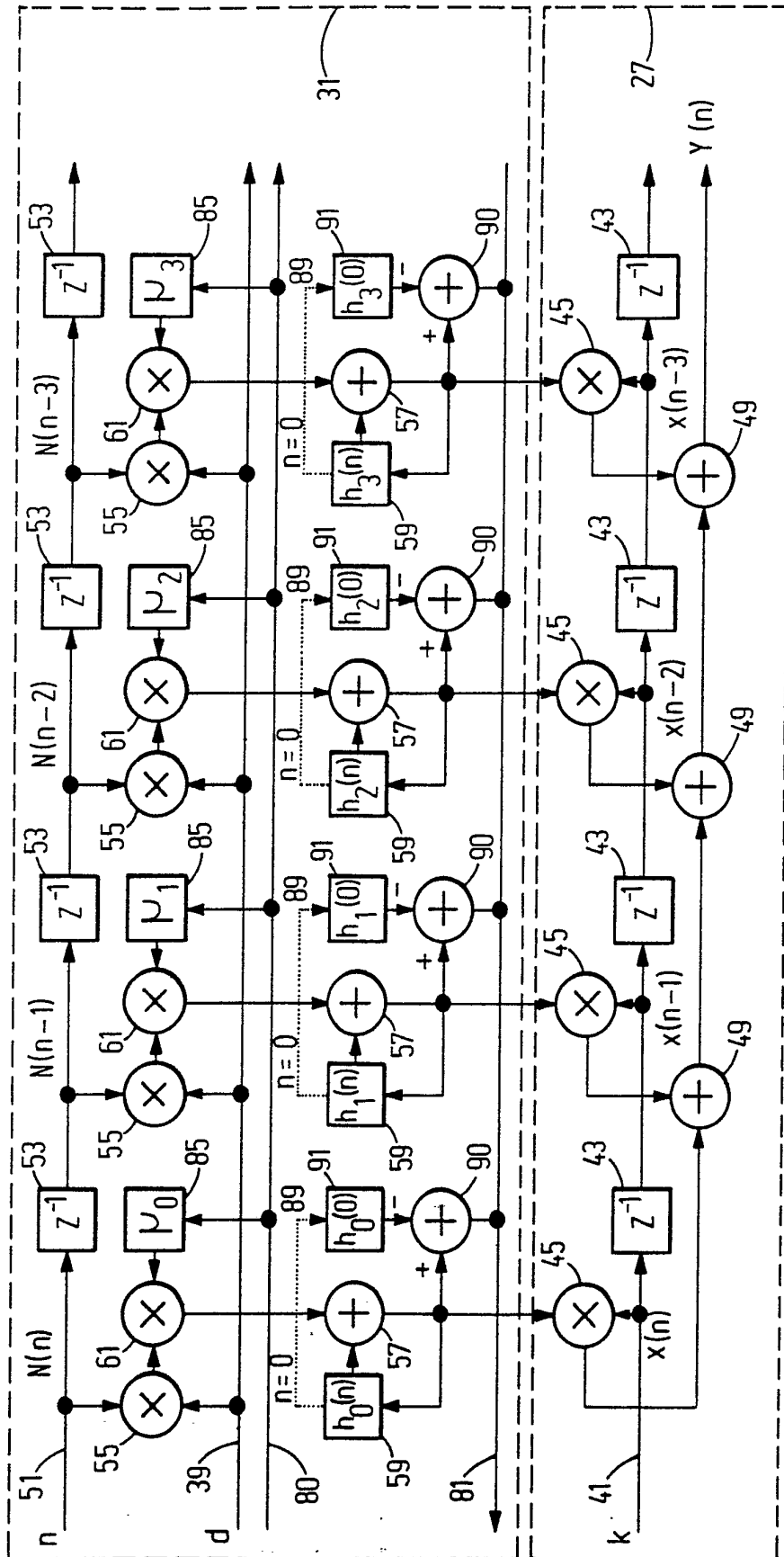


Fig. 3

Fig.4

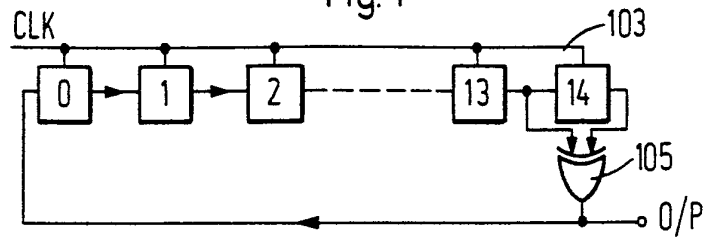


Fig.5

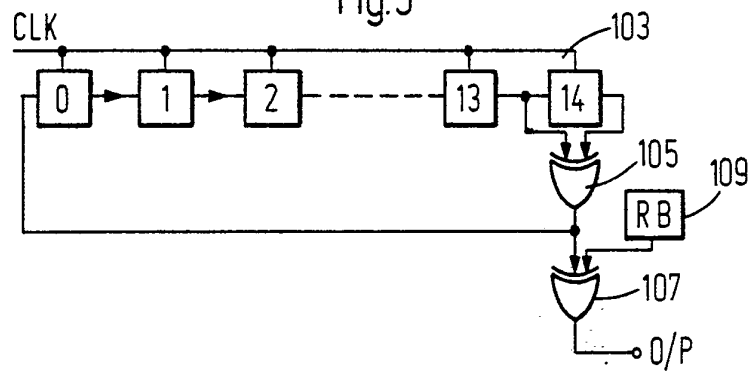


Fig.6

