

(19) **DANMARK**



Patent- og
Varemærkestyrelsen

(10) **DK/EP 3065417 T3**

(12) **Oversættelse af
europæisk patentskrift**

-
- (51) Int.Cl.: **H 04 R 1/10 (2006.01)** **H 04 R 3/02 (2006.01)** **H 04 R 25/00 (2006.01)**
G 10 K 11/00 (2006.01)
- (45) Oversættelsen bekendtgjort den: **2019-03-04**
- (80) Dato for Den Europæiske Patentmyndigheds bekendtgørelse om meddelelse af patentet: **2018-11-14**
- (86) Europæisk ansøgning nr.: **16151092.0**
- (86) Europæisk indleveringsdag: **2016-01-13**
- (87) Den europæiske ansøgnings publiceringsdag: **2016-09-07**
- (30) Prioritet: **2015-03-05 DE 102015204010**
- (84) Designerede stater: **AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
- (73) Patenthaver: **Sivantos Pte. Ltd., 18 Tai Seng Street , No. 08-08 , 18 Tai Seng, Singapore 539775, Singapore**
- (72) Opfinder: **Wurzbacher, Tobias, Hiltmannsdorfer Str. 40a, 90768 Fürth, Tyskland**
Rosenkranz, Tobias Daniel, Haagstraße 2, 91054 Erlangen, Tyskland
- (74) Fuldmægtig i Danmark: **Chas. Hude A/S, H.C. Andersens Boulevard 33, 1780 København V, Danmark**
- (54) Benævnelse: **FREMGANGSMÅDE TIL UNDERTRYKKELSE AF EN INTERFERERENDE STØJ I ET AKUSTISK SYSTEM**
- (56) Fremdragne publikationer:
EP-A1- 2 086 250
EP-A1- 2 736 271
EP-A2- 2 503 795
WO-A1-2005/096670
DE-B3-102013 207 403
KAWTHER ESSAFI ET AL: "A decorrelation based adaptive prediction filter for acoustic feedback cancellation in hearing aids", INFORMATION SCIENCES SIGNAL PROCESSING AND THEIR APPLICATIONS (ISSPA), 2010 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 10. Mai 2010 (2010-05-10), Seiten 69-72, XP031777918, ISBN: 978-1-4244-7165-2
JOSON H A L ET AL: "ADAPTIVE FEEDBACK CANCELLATION WITH FREQUENCY COMPRESSION FOR HEARING AIDS", THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS FOR THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, NEW YORK, NY, US, Bd. 94, Nr. 6, 31. Dezember 1993 (1993-12-31), Seiten 3248-3254, XP000407303, ISSN: 0001-4966, DOI: 10.1121/1.407231

Beskrivelse

[0001] Opfindelsen angår en fremgangsmåde til undertrykkelse af en interfererende støj i et akustisk system, hvilket akustiske system omfatter mindst en mikrofon og mindst en højttaler, hvilken mindst ene mikrofon genererer et inputsignal, og hvor den mindst ene højttaler genererer et akustisk signal, som delvist kobler tilbage til den mindst ene mikrofon.

[0002] I et akustisk system af den ovenfor beskrevne type, som det eksempelvis kan være tilvejebragt ved et høreapparat, kan der forekomme interfererende støj på grund af tilbagekobling. En akustisk tilbagekobling kan skyldes det faktum, at det akustiske signal der frembringes af højttaleren, delvist opfattes af mikrofonen og derved igen finder ind i det akustiske system. Inputsignalet der genereres af mikrofonen, forstærkes i det akustiske system, således at en signalkomponent ved tilbagekoblingen igen og igen forstærkes til en fløjtende interfererende støj inden for den lukkede sløjfe, der dannes af højttaleren, det akustiske signal som genereres af denne, mikrofonen og signalbehandlingen inden for det akustiske system, når forstærkningen ved signalbehandlingen inden for det akustiske system overstiger en bestemt tærskelværdi.

[0003] Sådan en interfererende støj kan reduceres eller endda elimineres af såkaldte tilbagekoblingsundertrykkende fremgangsmåder ("feedback cancellers"). Til dette formål anvender den kendte teknik ofte adaptive feedback-cancellation-fremgangsmåder, i hvilke et adaptivt filter med filterkoefficienter h modellerer det tidsafhængige impulsrespons af den akustiske tilbagekoblingsvej. Et ofte anvendt eksempel på en forskrift til tilpasning af filterkoefficienterne h er givet ved "normalized least mean square" (NLMS)-algoritmen:

$$h(k+1) = h(k) + \mu e^*(k)x(k)/|x(k)|^2.$$

[0004] Her er k det diskrete tidsindeks, x er input i systemet til udslettelse af tilbagekoblingen, e = m-c er fejlsignalet, som er defineret som forskellen mellem det af mikrofonen genererede inputsignal m og compensationssignalet c til kompensation af tilbagekoblingen. μ er den skridtlængden, over hvilken hastigheden af tilpasningen eller konvergens styres, og * angiver den komplek-

se konjugation.

[0005] I et realistisk akustisk system digitaliseres inputsignalet først med en forholdsvis høj samplingfrekvens og omdannes derved til tidsdiskrete samplede værdier. Efterfølgende kombineres i hvert tilfælde et antal, for eksempel 128, af successive samplede værdier for at danne en såkaldt frame. Inden for en frame kan en spektralanalyse af inputsignalet nu gennemføres på basis af de samplede værdier, der danner frame, ved hjælp af Fourier-transformation. Til generering eller analyse af en næste frame forskydes det vindue, der skal betragtes, i retning af tidsaksen med nogle få samplede værdier, for eksempel 32, således at vinduerne for de respektive samplede værdier, der skal tages i betragtning for en frame, klart overlapper hinanden for tilstødende frames. Tidsindekset kan i dette tilfælde opfattes som et frame-indeks, hvorved det adaptive filter også kan anvendes i frekvensdomænet. I dette tilfælde er filterkoefficienterne h vektorer, hvis inddata hver svarer til et spektralt underbånd. Anvendelsen er dog ikke begrænset til dette tilfælde. Detaljer kan findes for eksempel i S. Haykin, "Adaptive Filter Theory" (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1996) eller T. v. Waterschoot & M. Moonen, "Fifty years of acoustic feedback control: state of the art and future challenges" (Proc. IEEE, bind 99, nr. 2, feb. 2011, s. 288-327).

[0006] Det er nu et kendt problem, at korrelerede inputsignaler som eksempelvis kan genereres ved optagelse af musik eller endda af tale, kan resultere i divergens i et adaptivt filter, hvilket kan udløse en mindst delvis udslettelse af et målsignal. Dette kan frembringe mærkbare signalartefakter i outputsignalet, hvilket resulterer i en signifikant forringelse af lyd kvaliteten. Den fløjtende interfererende støj, der frembringes ved akustisk tilbagekobling, har også en høj korrelation i de berørte signaler, især når der foreligger et korreleret målsignal, som optages og kobles tilbage gennem en højttaler efter gengivelsen. Hvis nu et adaptivt filter skal anvendes til at undertrykke den derved genererede interfererende støj, så kan signalkomponenter af målsignalet mindst delvist udslettes ved undertrykkelsen af det interfererende signal fra tilbagekoblingen, hvilket har

en negativ effekt på lyd kvaliteten af outputsignalet.

[0007] Fra EP 2 503 795 A2 kendes en fremgangsmåde til drive et binauralt høreapparat med en tilbagekoblingsundertrykkelsesindretning, hvor et Pre-Whitening-Filter af et første høreapparat styres som funktion af et signal fra et andet høreapparat.

[0008] I DE 2013 207 403 B3 beskrives en fremgangsmåde til styring af en tilpasningsskridtlængde af et adaptivt filter af en høreindretning, for hvilken et outputsignal til styring af et adaptivt filter frekvensforskydes. I dette tilfælde anvendes en autokorrelationsværdi af et inputsignalet som en funktion af frekvensforskydningen til at styre tilpasningsskridtlængden.

[0009] I EP 2 736 271 A1 beskrives et system til estimering af et tilbagekoblings-interfererende signal, i hvilket et outputsignal frekvensforskydes. Det frekvensforskudte outputsignal tilføres derefter som et inputdata til et adaptivt filter til undertrykkelse af et interfererende signal og til en algoritme til justering af filterparameteren for det adaptive filter.

[0010] Opfindelsen har derfor til formål at tilvejebringe en fremgangsmåde til undertrykkelse af en interfererende støj, der er forårsaget af akustisk tilbagekobling, hvilken fremgangsmåde tillader anvendelsen af et adaptivt filter og samtidigt har den højest mulige lyd kvalitet i outputsignalet.

[0011] Det nævnte formål opnås ifølge opfindelsen ved en fremgangsmåde til undertrykkelse af en interfererende støj i et akustisk system, der omfatter mindst en mikrofon og mindst en højttaler, hvilken mindst ene mikrofon genererer et inputsignal, og hvilken mindst ene højttaler genererer et akustisk signal, der delvist kobler tilbage til den mindst ene mikrofon, hvor et første mellemsignal dannes langs en primær signalvej som en funktion af inputsignalet, og et outputsignal dannes ud fra det første mellemsignal ved en frekvensforvrængning, hvilket outputsignal kobles ud af den primære signalvej ind i en signaltilbagekoblingsvej,

hvor et andet mellemsignal dannes i signaltilbagekoblingsvejen fra outputsignalet ved en dekorrelator, som anvendes som inputdata til et adaptivt filter, der frembringer et kompenationssignal, og hvilket kompenationssignal tilføres til kompenationen af inputsignalet,

- 5 hvor der fra inputsignalet og/eller fra det kompenerede inputsignal dannes et tredje mellemsignal, som anvendes som et inputdata til det adaptive filter, og hvor outputsignalet tilføres til den mindst ene højtaler til gengivelse.

Fordelagtige og delvist opfinderiske udførelsesformer er angivet i de afhængige krav og beskrivelsen nedenfor.

10

[0012] Outputsignalet kan især også anvendes som et yderligere inputdata for det adaptive filter, hvor det andet mellemsignal og det tredje mellemsignal anvendes i det adaptive filter til bestemmelse af filterkoefficienter, ved hjælp af hvilke outputsignalet filtreres og kompenationssignalet derved genereres.

15

[0013] Opfindelsen er baseret på følgende overvejelser: En reduktion i skridtlængden p af et anvendeligt adaptivt filter ville have den konsekvens, at i tilfælde af et korreleret inputsignal divergerer filteret meget langsommere, således at uønskede artefakter i outputsignalet vil kunne reduceres eller blive uhørlige.

- 20 Reduktionen af skridtlængden kunne for eksempel altid finde sted, når et korreleret eller tonalt inputsignal registreres. En ulempe ved en sådan fremgangsmåde er dog, at enhver ændring i den akustiske tilbagekoblingsvej, medens det korrelerede signal registreres, ikke kan spores hurtigt nok til at undgå tilbagekobling af interfererende støj på grund af begrænsninger af filtertilpasningsevnen som følge af den reducerede skridtlængde p . Skridtlængden skal derfor altid ses som en afvejning mellem lyd kvalitet og evnen til at reagere på ændringer i den akustiske tilbagekoblingsvej.

- 25
- [0014]** En anden mulighed for at løse problemerne med et adaptivt filter for et stærkt korreleret inputsignal, ligger i en mulig dekorrelation af inputsignalet (såkaldt "pre-whitening"). Da kun korrelerede inputsignaler forårsager problemer med tilpasningen i det adaptive filter, kan en sådan dekorrelation i første omgang løse problemet. En sådan dekorrelation er ofte implementeret af en lineær
- 30

prædiktion ("linear predictor"). For et korreleret inputsignal fortages derved en forudsigelse af en eller flere fremtidige samplinger af signalet som en funktion af tidligere observerede samplinger af signalet. Denne forudsigelse subtraheres derefter fra det faktiske inputsignal. Resultatet af denne subtraktion kaldes

5 prædiktionsfejlsignalet ("residual signal"). For eksempel er et sinusformet signal fuldstændigt deterministisk og derfor perfekt forudsigeligt. I dette tilfælde vil det residuale signal være nul for en tilsvarende prædiktionstilordning.

[0015] I tilfælde af en lineær prædiktion kan prædiktionsfejlsignalet skrives som

$$10 \quad r(k) = s(k) - \sum_{i=1}^P s(k-i)a(i),$$

hvor $s(k)$ repræsenterer samplingen af inputsignaler til prædiktionen ved tidspunktet k , $a(i)$ betegner filterkoefficienten af dekorrelationen og P tilordningen af prædiktionen. Det således frembragte prædiktionsfejlsignal er generelt af kompleks værdi.

15

[0016] Interfererende støj der er forårsaget af tilbagekobling, har også signifikant korrelerede signalkomponenter. Hvis en dekorrelation påføres et sådant signal, er signalstyrken af det resulterende prædiktionsfejlsignal meget lav. For en genanvendelse i et adaptivt filter ville dette betyde, at det adaptive filter ikke

20 er aktiveret af frekvensen af den ved tilbagekobling, genererede interfererende støj. Filteret kan således ikke foretage nogen justering af den akustiske tilbagekoblingsvej ved denne frekvens, hvorved den interfererende støj forbliver så længe, indtil den akustiske tilbagekoblingsvej ændres.

25 **[0017]** Til at estimere filterkoefficienterne for dekorrelationen ved hjælp af lineær prædiktion findes forskellige fremgangsmåder, for eksempel NLMS-algoritmen og Lewinson-Durbin-rekursionen. Ved sidstnævnte løses den følgende matrixligning rekursivt:

$$a = R^{-1}r,$$

30 hvor vektoren a indeholder koefficienterne $a(i)$, og matrixen R og vektoren r betegner autokorrelationsmatrixen henholdsvis autokorrelationsvektoren. Begge størrelser dannes af autokorrelationerne

$$r(j) = E\{s(k)s(k-j)\},$$

hvor den forventede værdi E for stationære signaler kun afhænger af tidsforskydningen j . Den forventede værdi kan f.eks. tilnærmes ved rekursive midler.

- 5 **[0018]** For ikke-stationære signaler, f.eks. tale, er autokorrelationsværdierne tidsafhængige og foretrækkes derfor bestemt gentagne gange. De fleste ikke-stationære signaler kan dog betragtes som næsten stationære inden for et tidsvindue af en bestemt varighed. Længden af dette tidsvindue afhænger af, i hvilken grad signalet ikke er stationært. Tilpasningshastigheden af et filter eller en
- 10 estimator, som beregner autokorrelationsværdierne for et inputsignal, spiller en vigtig rolle i dette tilfælde: jo hurtigere estimatoren, desto bedre vil de ikke-stationære signaler kunne følges, hvilket forbedrer en dekorrelation af et inputsignal. For at kunne behandle et ikke-stationært signal til dekorrelation inden for et kort tidsvindue som stationært, kræver det en estimator der er så hurtig som
- 15 mulig. Dette gælder også for de dekorrelationer, der bruger en anden fremgangsmåde. For eksempel reguleres tilpasningshastigheden og dermed evnen til at dekorrelere ikke-stationære signaler over skridtlængden i NLMS-algoritmen.
- 20 **[0019]** Problemet med, at et korreleret målsignal til det adaptive filter for at slette en interfererende støj der er betinget af tilbagekobling, først foretrækkes dekorreleret, men ved en dekorrelation af det adaptive filter ikke længere er aktiveret ved frekvenserne af den ved tilbagekobling forårsagede interfererende støj, ville kun kunne omgås ved, at en sådan interfererende støj detekteres i et
- 25 første trin, og afhængigt af en sådan detektion udelades, i dette tilfælde dekorrelationen, i et andet trin. Dette har dog flere praktiske ulemper: For det første er en sådan detektion i praksis altid fejlbehæftet. Især, hvis flere frekvenser ligger tæt på hinanden, bliver de aktiveret af den akustiske tilbagekobling, kan disse muligvis ikke undertrykkes tilstrækkeligt på grund af utilstrækkelig spektralopløsning under detektionen. Desuden kræver en sådan fremgangsmåde al-
- 30 tid først mindst en vis udvikling af en interfererende støj, der er betinget af tilbagekobling, for at omgå den tilsvarende signalbehandlingsblok af dekorrelationen ved dens detektion. Det betyder, at et internt signal i det akustiske system aldrig

er helt frit for tilbagekobling, men indeholder signalkomponenter af interfererende støj op til tærskelværdien af detektion. Dette er dog uønsket af hensyn til lyd kvaliteten.

- 5 **[0020]** En anden mulighed kan være at bestemme filterkoefficienterne for dekorrelationen i et andet akustisk system og at overføre disse filterkoefficienter kontinuerligt mellem de deltagende akustiske systemer til tilpasning. Denne mulighed vil især blive givet i et binaural høreapparatsystem. Ovennævnte ide ville være baseret på antagelsen om, at lydsignalerne fra miljøet der er optaget af de
- 10 respektive akustiske systemer, har en høj grad af lighed, men den støj der skyldes tilbagekobling i et enkelt system, påvirker kun det enkelte akustiske system. Da en ved tilbagekobling fremkaldt interfererende støj ved en given frekvens højst sandsynligt kun vil forekomme i ét akustisk system, kan filterkoefficienterne for dekorrelationen, som bestemmes i et andet akustisk system, betragtes som et
- 15 godt estimat for dekorrelationen af målsignalet i det af tilbagekoblingen berørte akustisk system. Til dette er der dog først behov for tilstedeværelsen af et yderligere akustisk system, hvilket ofte ikke er tilfældet. Endvidere kan der som følge af overførslen ske en tidsforsinkelse af filterkoefficienterne, således at de ikke længere er opdaterede, når de modtages i det respektive andet akustiske
- 20 system, eller på grund af den rumlige indretning af de involverede akustiske systemer, udgør de respektive filterkoefficienter ikke et tilstrækkeligt godt skøn for det respektive andet system. Dette kan f.eks. forekomme i et binaural høreapparatsystem på grund af skyggeeffekter forårsaget af brugerens hoved.
- 25 **[0021]** I modsætning hertil foreslår opfindelsen først at underkaste et outputsignal fra det akustiske system som skal føres ind i en signaltilbagekoblingsvej, for en frekvensforvrængning, og derefter at dekorrelere den. Især kan en tidsafhængig frekvensforvrængning herved anvendes. Normalt har interfererende støj der er forårsaget af tilbagekobling, et næsten perfekt sinusformet signal. På
- 30 grund af frekvensforvrængningen er denne form gået tabt. Hvis f.eks. en tidsafhængigt frekvensforskydning vælges for frekvensforvrængningen, følger signalerne af den interfererende støj denne frekvensforskydning.

[0022] Autokorrelationsværdierne for frekvensforvrængede signaler falder med tiltagende tidsafstand, så tidsvinduet, hvor den ved tilbagekobling forårsagede interfererende støj kan betragtes som stationær, forkortes. Det er således muligt at implementere en dekorrelation, således at den ikke tilpasser sig den inter-

5 fererende støj fra tilbagekoblingen. Tidsvinduet, hvori signaler kan betragtes som stationære, vælges fortrinsvis således, at tilbagekoblingen ved frekvensforvrængningen af den interfererende støj ikke betragtes som stationær på grund af de allerede faktisk ikke-stationære signalkomponenter af et målsignal. Således tilpasses dekorrelationen ikke til den interfererende støj, men kun til

10 signalkomponenterne af målsignalet, som dekorreleres. I det dekorrelerede signal er de ikke-stationære korrelerede signalkomponenter nu fjernet, som de forekommer i optagelsen af tale, men ikke de ved tilbagekobling forårsagede signalkomponenter. Det dekorrelerede signal tilføres nu som et mellemsignal til det adaptive filter, som kan generere et compensationssignal der er baseret på det

15 ved tilbagekoblingen forårsagede interferende signal, som føres tilbage til den primære signalvej til undertrykkelse af den interfererende støj.

[0023] Inputsignalet tidsdiskretiseres fordelagtigt, hvorved der som det adaptive filter anvendes en "least mean square"-algoritme (LMS). I dette tilfælde benyt-

20 tes outputsignalet fortrinsvis som referencesignalet, og fejlsignalet for LMS-filteret dannes ved forskellen mellem inputsignalet og compensationssignalet. Den specificerede fremgangsmåde er særlig fordelagtig ved anvendelsen af en LMS-algoritme i det adaptive filter, da frekvensforvrængningen af outputsignalet løser de divergensproblemer, der opstår ved anvendelsen af en LMS-algoritme

25 til adaptiv filtrering af interfererende signaler, som er betinget af tilbagekobling.

[0024] Det viser sig at være yderligere fordelagtigt, hvis skridtlængden i LMS-algoritmen normaliseres over det andet mellemsignal. Denne procedure betegnes også som "normalized least mean square" (NLMS). En sådan normalisering

30 forbedrer konvergensegenskaberne af algoritmen. De optimale filterkoefficienter er generelt givet ved løsningen af filterligningen ved hjælp af et Wiener-filter. På grund af de statiske egenskaber og den begrænsede konverterings tid kan dette dog sædvanligvis ikke bruges, hvorfor estimer anvendes til filterkoefficienter-

ne fra Wiener-filteret, idet estimerterne i idealtilfældet konvergerer imod Wiener-løsningen. I tilfælde af en LMS-algoritme til estimering af filterkoefficienten, som er optimal i forhold til et Wiener-filter, kan en for stor skridtlængde μ i nærheden af den optimale løsning forværre konvergensen, da en relativt grov bevægelse omkring den optimale løsning finder sted i opløsningsrummet på grund af iterationstrinnene. Ved normalisering af skridtlængden og dermed overgangen til NLMS forfines bevægelsen i nærheden af de optimale filterkoefficienter, hvorved en overdreven fjernelse af den optimale opløsning i opløsningsrummet forhindres i de individuelle iterationstrin.

10

[0025] Hensigtsmæssigt opnås frekvensforvrængningen til dannelse af output-signalet fra det første mellemsignal ved hjælp af et frekvensforskydning. Især anvendes derved en tidsafhængig frekvensforskydning. Dette giver mulighed for at indstille dekorrelationens tilpasningshastighed til frekvensforskydningen og dermed effektivt udelukke de frekvensforskudte signalkomponenter af den fra dekorrelationen ved den akustiske tilbagekobling forårsagede interfererende støj. En frekvensforvrængning kan imidlertid også ske ved en fasemodifikation, en frekvenstransposition eller ikke-lineær transformation. Også i dette tilfælde indstilles tilpasningshastigheden af dekorrelationen fortrinsvis på den respektive grad af frekvensforvrængningen.

20

[0026] Det viser sig at være yderligere fordelagtigt, hvis outputsignalet til dannelse af det andet mellemsignal ved hjælp af et lineært prædiktionsfilter dekorreleres. Filterkoefficienterne for det lineære prædiktionsfilter skal fortrinsvis bestemmes ved hjælp af en Levinson-Durbin-rekursion eller ved hjælp af en LMS- eller NLMS-algoritme. Fordelen ved et lineært prædiktionsfilter er, at kun lineære ligningssystemer skal løses, hvilket begrænser den numeriske kompleksitet for det respektive filterproblem. Specielt kan inputsignalet eller det kompen-
serede inputsignal også dekorreleres ved hjælp af et lineært prædiktionsfilter og anvendes til at danne det tredje mellemsignal, som tilføres som inputdata til det adaptive filter.

25

30

[0027] I dette tilfælde anvendes tidsafhængige autokorrelationsværdier af out-

putsignalet og/eller et fejlsignal der er baseret på inputsignalet fortrinsvis til filterkoefficienterne i det lineære prædiktionsfilter. Især kan autokorrelationsværdierne anvendes til en Levinson-Durbin-algoritme. Overvejsen af tidsafhængigheden af autokorrelationsværdierne muliggør en afstemning af dekorrelationen til graden af frekvensforvrængning ved det passende valg af et tilsvarende tidsvindue, hvorefter autokorrelationsværdierne igen bestemmes.

[0028] Særligt foretrukket er filterkoefficienterne af især hvert lineært prædiktionsfilter tilpasset som en funktion af dekorrelationsstyrken af frekvensforvrængningen. Dette indebærer især, at tidsvinduet, i hvilket signaler kan betragtes som stationære, afhænger af dekorrelationsstyrken af frekvensforvrængningen. I tilfælde af en Levinson-Durbin-algoritme kan dette eksempelvis ske ved hjælp af en gentagen tilpasning af autokorrelationsværdierne i de nævnte tidsintervaller, hvorfra filterkoefficienterne skal bestemmes igen. I tilfælde af en NLMS-

15 algoritme kan skridtlængden tilsvarende justeres i de angivne tidsintervaller.

[0029] Den beskrevne funktionelle afhængighed af tidsintervallerne eller det stationære tidsvindue kan det påvirkes, hvilke signalkomponenter der stadig opfattes som stationære af dekorrelationen, således at signalkomponenterne af det interfererende signal, som påvirkes af frekvensforvrængningen, ikke dekorreleres. En dekorrelation, der har et for kort "stationært tidsvindue", kunne også opfatte signalkomponenter af et frekvensforvrænget oprindeligt monofrekvenssignal som stationært og derfor dekorrelere det. Dette undgås ved at tilpasse indretningens tilpasningshastighed til graden af frekvensforvrængning, især til dennes egen dekorrelationsstyrke. Hvis for eksempel en tidsafhængig frekvensforskydning vælges, udføres denne fortrinsvis hurtigere, end signalerne til de-

20 korrelationen i tidsvinduet der betragtes som stationære.

[0030] I en yderligere fordelagtig udførelsesform for opfindelsen er filterkoefficienterne for især hvert lineært prædiktionsfilter der er tilpasset som funktion af en overføringsfunktion af en model af det akustiske system, hvilket omfatter den mindst ene mikrofon og mindst en højtaler, der gengiver det korrigerede outputsignal. Især kan tidsintervallerne for tilpasningen af filterkoefficienterne afhænge

30

af dekorrelationsstyrken af frekvensforvrængningen. Overføringsfunktionen kan hermed indeholde de specifikke egenskaber ved det akustiske system, f.eks. forstærkningsværdier i individuelle underbånd.

I en sådan model kan, i det mindste implicit ved koefficienter for overførings-
5 funktionen, også sandsynligheden indgå for at en tilbagekobling forårsager in-
terfererende støj ved en bestemt frekvens. Hvis en aktivering ved tilbagekobling
er meget sandsynlig eller ligger over en forudbestemt sandsynlighedsgrænse,
kan tilpasningshastigheden af dekorrelationen reduceres for at sikre, at de fre-
kvensforvrængede dele af det oprindeligt monofrekvente interfererende signal ik-
10 ke betragtes som stationære og bliver meddekorreleret. Hvis tilbagekobling er
usandsynlig, kan tidsvinduet til tilpasning af dekorrelationen forkortes, så tonale
signalkomponenter, f.eks. genereret ved stemmeoptagelse, hurtigt registreres
og dekorreleres.

15 **[0031]** Opfindelsen tilvejebringer endvidere et akustisk system der omfatter:
mindst en mikrofon til generering af et inputsignal, mindst en højttaler til gengi-
velse af et outputsignal og en styreenhed, hvilket system er konfigureret til at
undertrykke en interfererende støj som følge af tilbagekobling af outputsignalet,
der gengives ved den mindst ene højttaler ind i inputsignalet, som genereres af
20 den mindst ene mikrofon, ved den ovenfor beskrevne fremgangsmåde. Især er
det akustiske system designet som et høreapparat og med fordel som en høre-
apparatenhed. Fordelene ved fremgangsmåden og dens videreudvikling kan
overføres analogt til det akustiske system.

25 **[0032]** En udførelsesform for opfindelsen vil blive forklaret mere detaljeret under
henvisning til en tegning. Her vises i hvert enkelt tilfælde skematisk i:

Fig. 1 et blokdiagram over proceduren for en fremgangsmåde til undertryk-
kelse af en interfererende støj i et akustisk system og

Fig. 2 et blokdiagram over en yderligere udførelsesform for fremgangsmå-
30 den ifølge Fig. 1.

[0033] Tilsvarende dele og størrelser er i alle figurer tilvejebragt de med samme
henvisningstal.

[0034] I Fig. 1 er sekvensen af en fremgangsmåde 1 til undertrykning af en interfererende støj g i et akustisk system 2 vist skematisk i et blokdiagram. Det akustiske system 2, der er givet her ved hjælp af et høreapparat 3, for eksempel en høreapparatenhed, omfatter en mikrofon 4 og en højttaler 6. Det mikrofon-signal m , der optages af mikrofonen 4, føres til en signalbehandlingsenhed 10 i en primær signalvej 8, hvor det blandt andet forstærkes. Ved enden af den primære signalvej 8 udgives et outputsignal x_s til mikrofonen 4, der genererer et akustisk signal p fra outputsignalet x_s . En del af det akustiske signal p , der genereres af højttaleren 6, registreres igen af mikrofonen 4 som tilbagekobling fb og finder således sin vej ind i mikrofonsignalet m . På grund af tilbagekoblingen fb bliver signalkomponenterne af det akustiske signal p i mikrofonsignalet m tilføjet igen til signalbehandlingsenheden 10 og yderligere forstærket der. Den gentagne forstærkning, videregivelse og optagelse i en lukket proces genererer interfererende støj g i form af næsten monofrekvent fløjten. For at undertrykke den interfererende støj g er signaltilbagekoblingsvejen 16 tilvejebragt.

[0035] For signaltilbagekoblingsvejen 16 kobles outputsignalet x_s ud af den primære signalvej 8 og føres til en dekorrelator 18. Dekorrelatoren 18 er dannet af et lineært prædiktionsfilter 20.

[0036] I den primære signalvej 8 udsender signalbehandlingsenheden 10 et første mellemsignal x , som omdannes af en frekvensforvrængning 22 i outputsignalet x_s . Frekvensforvrængningen 22 som opnås i det foreliggende tilfælde ved hjælp af et frekvensforskydning 23, har den konsekvens, at det lineære prædiktionsfilter 20 ikke dekorrelerer signalkomponenterne der svarer til den interfererende støj g , men kun signalkomponenter af et målsignal. Fra det lineære prædiktionsfilter 20 udgives et andet mellemsignal x_w som inputdata til et adaptivt filter 24. Det adaptive filter 24 genererer fra outputsignalet x_s et kompensations-signal c , der trækkes fra mikrofonsignalet m for at kompensere for den interfererende støj g . Herved lukkes signaltilbagekoblingsvejen 16.

[0037] Til genereringen af kompensations-signalet c forsynes det adaptive filter

24 med et yderligere mellemsignal ew som et inputsignal. Dette tredje mellem-
signal ew er dannet af fejlsignalet e , som stammer fra mikrosignalet m der er
kompenseret af kompenationssignalet c . Fejlsignalet e er nu også dekorreleret
af et lineært prædiktionsfilter 26, og det dekorrelerede fejlsignal ew tilføres som
5 et andet inputdata til det adaptive filter 24. Fra det dekorrelerede fejlsignal ew
og det andet mellemsignal xw beregnes koefficienterne h i en filterblok 28 i det
adaptive filter 24, hvorfra en signalblok 30 i det adaptive filter sammen med
outputsignalet xs genererer kompenationssignalet c .

10 **[0038]** Ved frekvensforskydningen 23 sikres det, at det lineære prædiktionsfilter
20 ikke dekorrelerer nogen af signalkomponenterne der er associeret med den
interfererende støj g , hvorved det adaptive filter 24 ikke længere kompenserer
disse med kompenationssignalet c . Længden af det stationære tidsvindue T
for de lineære prædiktionsfiltre 20, 26 og dermed deres tilpasningshastighed
15 styres derved som en funktion af frekvensforskydningen 23. En styreenhed 32 i
høreapparatet 3 udfører derved alle de angivne fremgangsmådetrin.

[0039] I Fig. 2 er en lille modifikation af fremgangsmåden 1 vist i det i Fig. 1 vi-
ste blokdiagram. Her dannes i det akustiske system 2, altså især i et høreappa-
20 rat 3, for eksempel i en høreapparatenhed, det dekorrelerede fejlsignal ew , som
tilføres til det adaptive filter som inputdata, af et inputsignal mw der er dekorre-
leret i det lineære prædiktionsfilter 26, og af et dekorreleret kompenationssig-
nal cw . Det dekorrelerede kompenationssignal cw dannes derved i filterblok-
ken 28 af det adaptive filter fra det fejlsignal ew , der er dekorreleret i det lineære
25 prædiktionsfilter 26, og det andet mellemsignal xw som er givet af outputsigna-
let xs , der er dekorreleret i det lineære prædiktionsfilter 20. Længden af det sta-
tionære tidsvindue T for de lineære prædiktionsfiltre 20, 26 og dermed deres til-
pasningshastighed bestemmes herved af en tilpasningskontrol 34, i hvilken
graden df af frekvensforskydningen 23, forstærkningen n af signalbehandlings-
30 enheden 10 i individuelle underbånd og en ikke nærmere vist overføringsfunkti-
on af det akustiske system 2 er input og anvendes til at bestemme tidsvinduet
 T . Ligeledes kan en model af den akustiske tilbagekoblingsvej fb bestemt af fil-
terkoefficienterne h også anvendes, således at indpasningshastigheden af de-

korrelationen i de lineære prædiktionsfiltre 20, 26 også bestemmes som en funktion af tilbagekoblingen, der er estimeret af denne model. Anvendelsen af en sådan tilpasningskontrol 34 er ikke begrænset til formen af signaltilbagekoblingsvejen 16, der er vist i Fig. 2, men kan i princippet anvendes i forskellige udførelsesformer, især i udførelsesformen der er vist i Fig. 1.

[0040] Skønt opfindelsen er blevet illustreret og beskrevet i detaljer ved den foretrukne udførelsesform, er opfindelsen ikke begrænset til denne udførelsesform. Andre variationer kan udledes heraf af fagmanden uden at afvige fra omfanget af opfindelsen.

Patentkrav

1. Fremgangsmåde (1) til undertrykkelse af en interfererende støj (g) i et akustisk system (2),
hvilket akustiske system (2) omfatter mindst én mikrofon (4) og mindst en højttaler (6), hvilken mindst ene mikrofon (4) genererer et input (m), og hvilken mindst ene højttaler (6) genererer et akustisk signal (p), der delvist kobler tilbage til den mindst ene mikrofon (4),
hvor et første mellemsignal (x) dannes langs en primær signalvej (8) som en funktion af inputsignalet (m), og et outputsignal (xs) dannes ud fra det første mellemsignal (x) ved en frekvensforvrængning (22),
hvilket outputsignal (xs) kobles ud af den primære signalvej (8) ind i en signaltilbagekoblingsvej (16),
hvor et andet mellemsignal (xw) dannes i signaltilbagekoblingsvejen (16) fra outputsignalet (xs) ved en dekorrelator (18) ved hjælp af et lineært prædiktionsfilter (20), hvor filterkoefficienterne for den lineære prædiktionsfilteret (20) er tilpasset som en funktion af dekorrelationsstyrken af frekvensforvrængningen (22), hvilket andet mellemsignal (xw) anvendes som en indgangsværdi for et adaptivt filter (24), som genererer et compensationssignal (c), og hvilket compensationssignalet (c) tilføres til inputsignalet (m) for compensation,
hvor et tredje mellemsignal (ew) dannes ud fra inputsignalet (m) og/eller fra det kompenserede inputsignal (e), som anvendes som en indgangsværdi for det adaptive filter, og
hvor outputsignalet (xw) tilføres til den mindst ene højttaler (4) til gengivelse.
- 25 **2.** Fremgangsmåden (1) ifølge krav 1,
hvor inputsignalet (m) tidsdiskretiseres, og hvor en algoritme for "least mean square" (LMS) anvendes som et adaptivt filter.
- 3.** Fremgangsmåden (1) ifølge krav 2,
30 hvor skridtlængden i LMS-algoritmen normaliseres over det andet mellemsignal (xw).

4. Fremgangsmåde (1) ifølge et af de foregående krav, hvor frekvensforvrængningen (22) til dannelse af outputsignalet (x_s) fra det første mellemsignal (x) opnås ved en frekvensforskydning (23).
- 5 5. Fremgangsmåde (1) ifølge et af de foregående krav, hvor tidsafhængige autokorrelationsværdier af outputsignalet (x_s) og/eller et fejlsignal (e) der er baseret på inputsignalet (m), anvendes til filterkoefficienterne for det lineære prædiktionsfilter (20).
- 10 6. Fremgangsmåde (1) ifølge et af de foregående krav, hvor filterkoefficienterne i det lineære prædiktionsfilter (20) er tilpasset som en funktion af en overføringsfunktion af en model af det akustiske system (2), som omfatter den mindst ene mikrofon (4) og mindst en højttaler (6), der gengiver det korrigerede outputsignal (x_s).
- 15 7. Akustisk system (2) der omfatter: mindst en mikrofon (4) til generering af et inputsignal (m), mindst en højttaler (6) til gengivelse af et outputsignal (x_s) og en styreenhed (32), hvilket system er konfigureret til at undertrykke en interfererende støj (g) som følge af tilbagekobling af outputsignalet (x_s), der gengives
20 ved den mindst ene højttaler (6) ind i inputsignalet (m), som genereres af den mindst ene mikrofon (4) ved en fremgangsmåde (1) ifølge et af de foregående krav.
- 25 8. Akustisk system (2) ifølge krav 7 der er udformet som et høreapparat (3), især som en høreapparatenhed.

Tegning

FIG 1

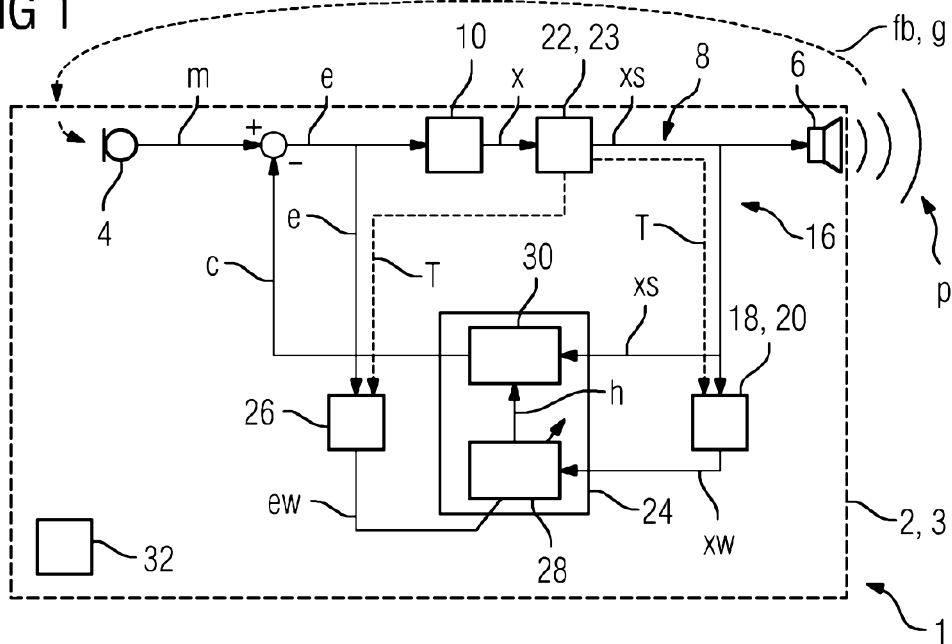


FIG 2

