



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0905760-9 B1**



**(22) Data do Depósito:** 12/01/2009

**(45) Data de Concessão:** 24/09/2020

**(54) Título:** EQUIPAMENTO E MÉTODO PARA A COMPUTAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE CONTROLE PARA UM FILTRO DE SUPRESSÃO DE ECOS E EQUIPAMENTO E MÉTODO PARA A COMPUTAÇÃO DE UM VALOR DE RETARDO

**(51) Int.Cl.:** H04M 9/08.

**(52) CPC:** H04M 9/082.

**(30) Prioridade Unionista:** 22/08/2008 DE 10 2008 039 329.0; 25/01/2008 US 61/023,472.

**(73) Titular(es):** FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V..

**(72) Inventor(es):** MARKUS KALLINGER; CHRISTOF FALLER; ALEXIS FAVROT; FABIAN KÜCH.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2009000123 de 12/01/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/092522 de 30/07/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 26/07/2010

**(57) Resumo:** EQUIPAMENTO E MÉTODO PARA A COMPUTAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE CONTROLE PARA UM FILTRO DE SUPRESSÃO DE ECOS E EQUIPAMENTO E MÉTODO PARA A COMPUTAÇÃO DE UM VALOR DE RETARDO Uma configuração de um equipamento (200) para a computação de informações de controle para um filtro de supressão (210) para filtrar um segundo sinal de áudio para a supressão de um eco que se baseia em um primeiro sinal de áudio inclui um meio de computação (220) tendo um meio de determinação de valor (230) para a determinação de pelo menos um valor relacionado à potência para um sinal de passagem de banda de pelo menos dois blocos de dados temporalmente sucessivos de pelo menos um sinal de um grupo de sinais. O meio de computação (220) inclui ainda um meio de determinação de valor médio (250) para a determinação de pelo menos um valor médio do pelo menos um valor determinado relacionado à potência para o sinal de passagem de banda. O meio de computação (220) inclui ainda um meio de modificação (260) para a modificação do pelo menos um valor relacionado à potência para o sinal de passagem de banda com base no valor médio determinado para o sinal de passagem de banda. O meio de computação (...).

**"EQUIPAMENTO E MÉTODO PARA A COMPUTAÇÃO DE  
INFORMAÇÕES DE CONTROLE PARA UM FILTRO DE SUPRESSÃO DE ECOS E  
EQUIPAMENTO E MÉTODO PARA A COMPUTAÇÃO DE UM VALOR DE RETARDO"**

**DESCRIÇÃO**

5                   As configurações da presente invenção se referem  
a equipamentos e métodos para a computação de informações de  
controle de um filtro de supressão, equipamentos e métodos para  
filtragem de supressão, e equipamentos e métodos para a computação  
de um valor de retardo, como pode ser usado, por exemplo, em  
10 sistemas de conferências, sistemas de comunicações e demais  
sistemas onde possam ocorrer ecos acústicos.

**HISTÓRICO**

                  Ecos acústicos se desenvolvem, por exemplo,  
quando tons, sons e ruídos de um alto-falante são colhidos por um  
15 microfone na mesma sala ou no mesmo ambiente acústico. Nos  
sistemas de telecomunicações, estes são transmitidos de volta,  
como sinais de feedback acústico, para o assinante na extremidade  
remota ou na outra extremidade, que os percebe como uma versão  
retardada de sua própria fala. Aqui os sinais de eco representam  
20 um distúrbio de perturbação e até podem evitar a comunicação  
interativa, o duplex completo bidirecional. Além disso, ecos  
acústicos também podem levar a efeitos perturbadores e outras  
instabilidades do loop de feedback acústico.

                  Aqui, o sinal colhido pelo microfone tem  
25 diferenças quando comparado ao sinal do alto-falante enviado pelo  
alto-falante correspondente, que resulta do ambiente acústico em  
que o microfone e o alto-falante estão dispostos, por um lado, e  
das fontes de ruídos que se originam das mais diversas fontes

físicas, por outro lado. Apesar das fontes de ruído do ambiente acústico, o próprio alto-falante, circuitos associados, o microfone e demais circuitos a ele associados, somente para mencionar algumas poucas fontes potenciais, podem assim acoplar o ruído no sinal do microfone.

A presença de ruído e ruídos estacionários ou quase estacionários no sinal do microfone pode aqui afetar de forma significativa a qualidade que pode ser obtida do sistema.

A WO 2006/111370 A1 se refere a um método e a um equipamento para a remoção de um eco em um sinal de áudio multicanais. O controle do eco acústico e a supressão de ruídos são uma importante parte de todos os sistemas de telecomunicações viva voz, como do telefone, sistemas de conferências de áudio ou de vídeo. As limitações e restrições de largura de banda com relação à complexidade da computação devem também ser levadas aqui em conta. O método de processamento de sinais de alto-falantes de áudio multicanais e pelo menos um sinal do microfone descrito no presente documento inclui as etapas de transformação do sinal de entrada do microfone em espectros de curta duração de entrada de microfone, a computação de um espectro combinado de curta duração de sinal de alto-falante dos sinais do alto-falante, a computação de um espectro combinado de curta duração de sinal de microfone do sinal de entrada do microfone, uma estimativa do espectro de magnitude ou de um espectro de potência do eco no espectro combinado de curta duração de sinal de microfone, a computação de um filtro de ganho para a modificação de magnitude do espectro de curto-prazo do microfone de entrada, a aplicação do filtro de ganho a pelo menos um espectro do microfone de entrada, e a

conversão do espectro do microfone de entrada filtrado no domínio do tempo.

Iniciando na técnica anterior, é um objetivo da presente invenção aperfeiçoar a qualidade de áudio de sistemas acústicos no escopo da supressão de eco com relação às proporções de ruído.

Este objetivo é alcançado por um equipamento de acordo com a reivindicação 1, um filtro de supressão de acordo com a reivindicação 20, um método de acordo com uma das reivindicações 21 ou 22, ou por um programa de acordo com a reivindicação 32.

Em outros circuitos de processamento de sinal, o ruído também tem uma influência negativa no desempenho dos componentes correspondentes, sejam análogos ou digitais, sinais elétricos ou óticos, que são processados com o circuito de processamento de sinal. Em particular, são aqui mencionados os circuitos de processamento de sinal que adquirem informações dos sinais referentes, por um lado, e então por outro lado influenciam os sinais originais com base nessas informações adquiridas.

Exemplos desse circuito de processamento de sinal, por exemplo, são os circuitos de retardo, onde é obtido um valor de retardo de uma comparação correspondente entre dois sinais. A presença de proporções de ruído em um ou mais dos sinais mencionados pode aqui reduzir de forma significativa o desempenho do circuito de processamento de sinal a que se refere. Assim, por exemplo, dentro do escopo de um circuito de retardo, a adaptação correspondente de um valor de retardo na forma da onda de outro sinal pode ser negativamente influenciada pelo ruído com relação à sua qualidade como também à sua velocidade de adaptação.

Assim, iniciando nesta técnica anterior, é um outro objetivo da presente invenção dar desempenho à computação de um valor de retardo para um meio de retardo, que permite uma melhor computação do valor de retardo.

Este objetivo é obtido por um equipamento para a computação de um valor de retardo de acordo com a reivindicação 23, um método de computação de um valor de retardo de acordo com a reivindicação 31, ou um programa de acordo com a reivindicação 32.

#### SUMÁRIO

Uma configuração de um equipamento para a computação de informações de controle de um filtro de supressão para a filtragem de um segundo sinal de áudio para a supressão de um eco que se baseia em um primeiro sinal de áudio compreende aqui um meio de computação. O próprio meio de computação inclui um meio de determinação de valor para a determinação de pelo menos um valor relacionado à potência para um sinal de passagem de banda de pelo menos dois blocos de dados temporalmente sucessivos de pelo menos um sinal de um grupo de sinais. O grupo de sinais aqui inclui o primeiro sinal de áudio, o segundo sinal de áudio, e um sinal derivado do primeiro ou do segundo sinal de áudio. O meio de computação ainda inclui um meio de determinação de valor para a determinação de pelo menos um valor médio do pelo menos um valor determinado relacionado à potência para o sinal de passagem de banda. O meio de computação ainda inclui um meio de modificação para a modificação de pelo menos um valor relacionado à potência do sinal de passagem de banda com base no valor médio determinado para o sinal de passagem de banda. O meio de computação ainda inclui a meio de computação das informações de controle para a

computação das informações de controle do filtro de supressão com base em pelo menos um valor modificado relacionado à potência para o sinal de passagem de banda.

Uma configuração da presente invenção sob a forma de um filtro de supressão para a filtragem de um segundo sinal de áudio para a supressão de um eco que se baseia no primeiro sinal de áudio inclui um meio próprio de computação que compreende um meio de determinação de valor para a determinação de pelo menos um valor relacionado à potência para um sinal de passagem de banda de pelo menos dois blocos de dados temporalmente sucessivos de pelo menos um sinal de um grupo de sinais. O grupo de sinais inclui o primeiro sinal de áudio, o segundo sinal de áudio, e um sinal derivado do primeiro ou do segundo sinal de áudio. O meio de computação ainda inclui um meio de determinação de valor médio para a determinação de pelo menos um valor médio do pelo menos um determinado valor relacionado à potência para o sinal de passagem de banda. O meio de computação ainda inclui um meio de modificação para a modificação de pelo menos um valor relacionado à potência do sinal de passagem de banda com base no valor médio do sinal de passagem de banda determinado. Além disso, o meio de computação ainda inclui um meio de filtro de supressão acústica para a filtragem do sinal do microfone com base nas informações de controle, que se baseiam pelo menos no pelo menos um valor relacionado à potência do sinal de passagem de banda modificado.

Uma configuração da presente invenção sob a forma de um equipamento para a computação de um valor de retardo para um meio de retardo para retardar um primeiro sinal com relação a um segundo sinal inclui o próprio meio de computação que compreende

um meio de determinação de valor para a determinação de pelo menos um valor relacionado à potência para um sinal de passagem de banda do primeiro sinal e do segundo sinal de pelo menos dois blocos de dados temporalmente sucessivos do primeiro e do segundo sinais. O meio de computação ainda inclui um meio de determinação de valor médio para a determinação de pelo menos um valor médio do pelo menos um valor determinado relacionado à potência do sinal de passagem de banda para o primeiro sinal e para o segundo sinal. Ainda inclui um meio de modificação para a modificação de pelo menos um valor relacionado à potência do sinal de passagem de banda do primeiro e do sinal de passagem de banda do segundo sinal com base no valor médio determinado do sinal de passagem de banda do primeiro e do segundo sinais. Além disso, o meio de computação ainda inclui a meio de computação do valor de retardo formado para computar o valor de retardos com base no valor modificado relacionado à potência do primeiro e do segundo sinais.

As configurações da presente invenção se baseiam no achado que pode ser obtida uma melhoria na qualidade de áudio com relação às fontes de ruídos em um sistema para a supressão de ecos modificando pelo menos um valor relacionado à potência de um sinal de passagem de banda com relação a um valor médio, antes de determinar as informações de controle do filtro de supressão e/ou de filtragem de supressão com base em pelo menos um valor modificado relacionado à potência. Não menos, devido à mediação e à modificação de um valor relacionado à potência de um sinal de passagem de banda, é uma consideração de contribuição de ruídos possíveis, que compreende um valor estatístico médio de zero no domínio do tempo com relação aos respectivos valores momentâneos

(valores de elongação), mas um valor médio diferente de zero com relação a um valor relacionado à potência de um sinal de passagem de banda.

Para a mediação e seguindo-se à modificação do  
5 valor relacionado à potência com base no valor médio de acompanhamento, é possível a separação de sinais estacionários espúrios daqueles do sinal útil presente antes da computação das informações de controle do filtro de supressão e/ou antes da filtragem de supressão real. Aqui, em algumas configurações da  
10 presente invenção, em particular, é tornada possível a focalização do filtro de supressão e/ou das informações de acompanhamento de controle com o sinal útil presente comparada com os componentes de ruído existentes.

Em configurações da presente invenção, o valor  
15 relacionado à potência pode aqui ser proporcional a uma potência de um valor real com um expoente positivo inteiro da potência. Da mesma forma, o valor relacionado à potência pode ser proporcional à potência de uma magnitude (valor absoluto) com um número real  
positivo como expoente. Assim, em configurações da presente  
20 invenção, o valor relacionado à potência pode ser um valor energético (quadrado da magnitude) ou um valor proporcional a um valor energético. O primeiro sinal de áudio pode aqui ser um sinal de alto-falante, e o segundo sinal de áudio um sinal do microfone.

Em configurações da presente invenção, o meio de  
25 computação de valor pode, portanto ser formado para determinar diversos valores relacionados à potência para o mesmo bloco de dados, mas para um diferente sinais de passagem de banda com diferentes frequências características. Aqui, - falando em geral -

os sinais de passagem de banda são sinais espectrais, de frequência próxima ou de frequência relacionada, com os quais pelo menos uma frequência característica está associada. Essas frequências características podem, por exemplo, ser uma frequência de centro, uma frequência inicial, uma frequência final ou outra frequência típica. Assim, os exemplos de sinais de passagem de banda representam informações espectrais de um banco de filtros de análise de Fourier, sinais de banda parcial ou de sub-banda, sinais de uma faixa limitada de frequências ou também sinais QMF (filtro espelho de quadratura).

Em configurações da presente invenção, um valor correspondente relacionado à potência do sinal associado de passagem de banda, um valor associado médio mediado por tempo e um número correspondente de valores modificados relacionados à potência considerando os respectivos valores médios, que então são usados na computação das informações de controle para o filtro acústico de supressão ou diretamente para a filtragem acústica de supressão, podem assim ser computados individualmente, não somente para um sinal individual de passagem de banda, mas para diversos sinais correspondentes de passagem de banda ou também para todos os sinais de passagem de banda.

Em configurações da presente invenção, a computação do valor médio pode ser feita com base em uma média deslizante. Aqui, dependendo da implementação correta das configurações, a média deslizante ou a mediação podem se basear somente nos blocos de dados que se situam antes do bloco atual de dados em tempo, além do bloco atual de dados. Assim, pode ser implementada a mediação de tempo real, por exemplo.

Em outras configurações da presente invenção, a modificação pode ser feita com base em uma subtração do valor médio do valor associado relacionado à potência. As configurações da presente invenção também podem compreender outro elemento de filtro ou também um meio de retardo, onde o meio de retardo é formado para retardar um sinal, uma forma de onda ou uma sequência de valores de tempo, como uma sequência de tempo dos valores relacionados à potência, por um valor de retardo. O próprio valor de retardo pode aqui ser determinado com base nos valores modificados relacionados à potência, nos valores não modificados relacionados à potência ou em outros valores.

Aqui, as configurações da presente invenção também se baseiam no achado que o aperfeiçoamento na computação do valor de retardo de um meio de retardo pode ser obtido determinando os valores relacionados à potência de pelo menos um sinal de passagem de banda do primeiro sinal e do segundo sinal, fornecendo a mesma mediação, e modificando-a de forma correspondente com base nos determinados valores médios. Aqui, em uma faixa de frequências subjacente ao sinal de passagem de banda em pauta ou à frequência característica subjacente ao sinal de passagem de banda, uma proporção de ruído ou uma proporção de sinal estacionário mostrando o valor relacionado à potência como uma influência de alteração de ponto zero pode ser eliminada. Devido à execução da respectiva modificação com base em um valor relacionado à potência e com relação a um sinal de passagem de banda, pode ser eliminado um distúrbio que basicamente desaparece na média temporal sob a forma de um sinal de ruído com relação à frequência correspondente.

Com relação à computação do valor de retardo, pode ser possível determinar um valor de retardo, com a ajuda do qual, por exemplo, pode ser feita a adaptação de formas de onda do primeiro e do segundo sinais, mais rápida e confiavelmente, ou mais rápida e confiavelmente implementando uma configuração da presente invenção.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS**

As configurações da presente invenção serão explicadas em maiores detalhes a seguir com referência aos desenhos de acompanhamento.

A Fig. 1 mostra um desenho esquemático para a ilustração do problema básico da remoção do eco;

A Fig. 2 mostra um diagrama de circuito de blocos de um equipamento para a computação de informações de controle de um filtro acústico de supressão, de acordo com uma configuração da presente invenção;

A Fig. 3 mostra um diagrama de blocos simplificado para a descrição mais detalhada do funcionamento das configurações da presente invenção;

A Fig. 4 mostra um diagrama de circuito de blocos de outra configuração de acordo com a presente invenção;

A Fig. 5 mostra um diagrama de circuito de blocos de um meio de computação do valor de retardo da configuração da presente invenção ilustrada na Fig. 4;

A Fig. 6a mostra um curso temporal de um espectro de curta duração, assim como um seu valor mediado por tempo de um sinal de alto-falante a 1000 Hz;

A Fig. 6b mostra uma comparação de vários filtros

de estimativa de eco;

A Fig. 6c mostra um curso temporal de um fator, o ganho de capacidade de predição de eco;

A Fig. 7 mostra um diagrama de blocos de outra  
5 configuração de acordo com a presente invenção;

A Fig. 8 mostra um diagrama de blocos de uma configuração de acordo com a presente invenção;

A Fig. 9 mostra um diagrama de blocos de um equipamento para a computação de informações de controle e de um  
10 filtro acústico de supressão, de acordo com uma configuração da presente invenção;

A Fig. 10 mostra um diagrama de blocos de um equipamento para a computação de informações de controle de um filtro acústico de supressão para vários canais, de acordo com uma  
15 configuração da presente invenção;

A Fig. 11 mostra um diagrama de blocos de outro filtro acústico de supressão de acordo com uma configuração da presente invenção;

---

A Fig. 12 mostra um agrupamento de um banco  
20 uniforme de filtros de transformadas de Fourier de curta duração em grupos de frequências;

A Fig. 13a mostra um curso de filtros de interpolação de Hann;

A Fig. 13b mostra uma comparação de coeficientes  
25 de filtros de ganho como uma função da frequência; e

A Fig. 14 mostra um diagrama de circuito de blocos de uma configuração de um equipamento para a computação de um valor de retardo.

### DESCRIÇÃO DETALHADA DAS CONFIGURAÇÕES

Antes de explicar as várias configurações da presente invenção em detalhes e em conexão com as Figs. 2 a 14, o problema básico da remoção de eco será primeiro explicado em maiores detalhes em relação à Fig. 1.

Por exemplo, ecos acústicos surgem sempre que tons, sons ou ruídos de um alto-falante são coletados por um microfone na mesma sala ou no mesmo ambiente acústico. Em sistemas de telecomunicações, são transmitidos de volta como um sinal de feedback acústico para o assinante da extremidade remota, que percebe o eco sob a forma de uma versão retardada de sua própria fala. Os sinais de eco representam um distúrbio de muita perturbação nesse contexto e podem até levar ao fato que a comunicação interativa, o duplex completo bidirecional são inibidos. Além disso, ecos acústicos podem provocar efeitos perturbadores e outras instabilidades do loop de feedback acústico.

Em sistemas de telecomunicações de viva voz e duplex total e controle de eco é, portanto geralmente recomendável a supressão, a atenuação ou a remoção do acoplamento entre o alto-falante e o microfone. A Fig. 1 ilustra este problema de eco acústico.

A Fig. 1 mostra uma disposição de um alto-falante 100 e um microfone 110 em um ambiente acústico 120 que pode, por exemplo, ser uma sala. Aqui, um sinal de alto-falante 130, também denominado de  $x[n]$  na Fig. 1, é provido para o alto-falante 100, convertendo-o em ondas sonoras acústicas. O índice  $n$  aqui se refere a um índice de tempo de um curso discreto do sinal de alto-

falante  $x[n]$ . O índice  $n$  aqui é um inteiro.

O microfone 110 coleta as ondas sonoras que nele incidem e as converte em um sinal do microfone 140, também denominado de  $y[n]$  na Fig. 1. Aqui, o microfone 110 também coleta, em particular, as ondas acústicas, que se originam do alto-falante 100, do sinal de alto-falante  $x[n]$ , que atingem o microfone 110 a partir do alto-falante 100 por vários caminhos. Além de um caminho de transmissão direta 150, também dois caminhos de transmissão indireta 160-1 e 160-2, em que as ondas sonoras do alto-falante 100 são refletidas no ambiente acústico 120 e assim alcançam o microfone 110 de forma somente indireta, são traçados esquemática e exemplarmente na Fig. 1. Os caminhos de transmissão 160 são assim também denominados de caminhos indiretos.

Assim, se o sinal de alto-falante  $x[n]$  disponível no alto-falante 100 é o sinal de fala de um assinante do sistema de telecomunicações de extremidade remota, que é o denominado sinal de extremidade remota, este também é coletado pelo microfone 110. Em outras palavras, o sinal de extremidade remota, com emissão pelo alto-falante 100, percorre até o microfone 110 por caminhos diretos, indiretos e refletidos ou por caminhos de transmissão 150, 160. Assim, o microfone 110 não somente coleta a fala local da extremidade proximal do sistema de telecomunicações, mas também o eco, que é então retornado ao usuário da extremidade remota.

Para ter este problema sob controle, os sistemas de telecomunicações geralmente compreendem um circuito de processo de cancelamento de eco ou um circuito de processo de supressão de eco, também denominado de circuito de processo de remoção de eco

ou unidade de processo de remoção de eco 170 em resumo a seguir, para o qual são fornecidos tanto o sinal do microfone  $y[n]$  como o sinal de alto-falante  $x[n]$ , como também é mostrado na Fig. 1. O circuito de processo de remoção de eco 170 então envia um sinal  $e[n]$  que tem o eco removido ou parcialmente o eco removido ou parcialmente eco cancelado.

A Fig. 1 ilustra esta construção básica de um problema de remoção de eco acústico. O sinal de alto-falante  $x$  é enviado de volta para o sinal do microfone  $y$ . Um processo de remoção de eco remove esse eco, enquanto a fala local, que é gerada nessa extremidade de um sistema de comunicações, é idealmente deixada passar.

Uma abordagem convencional para tratar desses ecos, é colocar um cancelador de eco acústico (AEC) em paralelo com os caminhos de propagação 150, 160 do sinal de eco, como também descrito com referência a [1]. No removedor de eco acústico, é estimada uma réplica digital do sinal de eco, que é então subtraída do sinal medido do microfone. As abordagens padrão para o cancelamento do eco acústico se baseiam na suposição que o caminho do eco (sistema geral dos caminhos de transmissão 150, 160) pode ser moderado por um filtro FIR linear (resposta de impulso finito), de maneira que o cancelamento do eco acústico seja correspondentemente implantado, o que também é descrito em [1]. Os Filtros fir também são denominados de filtros com um comprimento finito da resposta de impulso.

Aqui, o caminho do eco é dados por uma multiplicidade de parâmetros, incluindo as características do alto-falante 100, as do microfone 110, assim como as do ambiente

acústico 120, assim como propriedades e características de outros objetos. Por exemplo, variações e gradientes de temperaturas do ar podem ser incluídas entre elas, que são provocadas por insolação ou por outras fontes de calor, para citar somente algumas poucas fontes de desvios.

Como o caminho do eco é assim desconhecido, sendo também variável no tempo de operação, é aconselhável ter o filtro linear do cancelamento do eco acústico de forma adaptativa. Portanto, para modelar os caminhos típicos de ecos, são geralmente implantados e também parcialmente solicitados filtros FIR com comprimentos de até algumas centenas de milissegundos, o que implica em alta complexidade computacional. O número dos coeficientes de filtros implantados no filtro aqui é denominado comprimento de um filtro FIR, isto é, um filtro com uma resposta de impulso finito. Aqui e em outros parâmetros correspondentes, se o número correspondente, que realmente representa uma quantidade adimensional, ou um valor correspondente seja indicado em segundos, milissegundos ou em outra unidade de tempo, se refere à taxa de amostragem (frequência de amostragem) do processamento do sinal digital ou aos correspondentes conversores análogos/digitais e conversores digitais/análogos utilizados.

Entretanto, na prática, a atenuação de eco assim obtida para essas abordagens convencionais não é suficientemente grande, o que se deve aos grandes tempos de reverberação do eco (efeitos de caudas de eco), componentes não lineares de eco e problemas de convergência. Os efeitos de caudas de eco acima mencionados são geralmente causados pelo não modelamento do caminho do eco, enquanto os componentes não lineares de eco são

causados pelos efeitos de vibração ou pelo comportamento não linear de componentes de áudio baratos ou de baixo custo. Os mencionados problemas de convergência, por exemplo, ocorrem no caso de caminho de ecos com tempos altamente variáveis. Os  
5 detalhes deste contexto são indicados em referência [2].

Por este motivo, pode ser necessário combinar o cancelador de eco acústicos com um pós-processador não linear para remover ecos residuais que o cancelador de ecos não pode eliminar. Mais detalhes a esse respeito são encontrados na referência [3].

10 Comumente, a supressão dos ecos residuais é feita de maneira frequência seletiva, como indicado na referência [4]. Na realidade, quase todos os canceladores de ecos acústicos usam esses pós-processadores, já que esses também geralmente não reduzem de forma suficiente os ecos e, portanto se tornam  
15 inaudíveis.

Recentemente, foram propostos alguns supressores de ecos acústicos operando na faixa de sub-banda, com similaridades com os pós-processadores não lineares acima  
mencionados, mas sem a necessidade de um cancelador de eco  
20 acústico e sem a necessidade de estimativa de uma resposta de impulso do caminho do eco, como indicado nas referências [5] e [6]. Esses sistemas são conhecidos como tendo baixa complexidade computacional e são robustos, obtendo assim um alto grau de duplexidade.

25 Ao esquema de supressão de ecos proposto em referência [6] se aplica uma transformada Fourier de tempo reduzido (STFT) para computar os espectros do alto-falante e o sinal dos microfones. É escolhido um retardo ou um valor de

retardo  $d$  entre os resultados dos sinais de alto-falantes transformado por meio da STFT, de forma que a maior parte da resposta do impulso de eco é levada em conta. Depois, é estimado um filtro de estimativa de eco de valor real que imita o efeito de parte do caminho do eco. Assim, para obter uma estimativa do espectro da magnitude do eco, são aplicados o valor de retardo estimado e o filtro de estimativa de eco ao espectro do sinal de alto-falante. Usando a estimativa do espectro da magnitude do eco, é computado um filtro de supressão de eco de valor real e aplicado ao espectro do sinal do microfone para suprimir o eco.

Entretanto, a fragilidade dos sistemas de supressão de eco acústico (AES) supramencionados é que não administram o ruído estacionário no sinal do microfone de forma satisfatória. Como também mostrarão as explicações subsequentes, o ruído estacionário resulta em uma contribuição (tendência) na estimativa do eco, o que degrada o desempenho desses sistemas caso as relações sinais/ruídos dos sinais visados não forem muito altas. Dependendo da implementação ou do modelo, esta contribuição é também denominada de desvio de uma estimativa esperada, alteração do ponto zero ou desvio de estimativa sistemática.

A Fig. 2 mostra um diagrama de circuito de blocos de um equipamento para a computação de informações de controle de um filtro acústico de supressão 210, que está representado em linhas tracejadas na Fig. 2 como componente opcional. O equipamento 200 aqui inclui o meio de computação 220, que por sua vez compreende o meio de determinação de valor 230 acoplado, em uma entrada, para uma entrada 240 do meio 200. Um meio de determinação de valor médio 250 é acoplado a uma saída do meio de

determinação de valor 230, por um lado, e um meio de modificação 260 a uma primeira entrada de forma paralela a esta. Uma das saídas do meio de determinação de valor médio 250 é acoplada a uma segunda entrada do meio de modificação 260. Por uma saída, o meio de modificação 260 é acoplado a uma entrada de um meio de computação das informações de controle 270 que envia e fornece as informações de controle para o filtro acústico de supressão 210 em uma saída que, ao mesmo tempo é também uma saída do equipamento 200.

Para essa finalidade, o filtro acústico de supressão 210 compreende uma entrada das informações de controle. Dependendo da implementação concreta do sistema em que o equipamento 200 e o filtro acústico de supressão 210 estão implantados, o sinal provido na entrada 240 também pode ser provido para o filtro de supressão 210 no lado da entrada. Além de uma adição ou como alternativa a este fato, entretanto, outro sinal também pode ser provido em uma entrada opcional 280. Um ou ambos os sinais providos para o filtro acústico de supressão 210 são assim filtrados, levando em conta as informações de controle fornecidas ao filtro de supressão 210, e enviando para uma saída 290.

Com relação ao funcionamento do equipamento 200 para a computação das informações de controle para o filtro acústico de supressão 210, é aí fornecido pelo menos um sinal na entrada 240, que pode ser o sinal de alto-falante supramencionado, o sinal do microfone supramencionado, ou um sinal derivado de um ou de ambos. Como ainda será explicado em maiores detalhes a seguir, é claro que mais de um sinal pode ser fornecido ao

equipamento 200.

Os sinais fornecidos ao equipamento 200 aqui compreendem temporalmente sucessivos blocos de dados, que também são denominados de frames. Em configurações da presente invenção, os meios e unidades a jusante operam em um ou mais blocos de dados, onde, no caso da operação de vários blocos de dados, com relação à sequência temporal dos blocos de dados, os blocos de dados anteriores também são levados em conta. Isto reflete um típico cenário para a aplicação dos equipamentos 200 de acordo com as configurações da presente invenção, que são geralmente empregadas para permitirem ou também fazerem a supressão dos ecos correspondentes em tempo real.

Se é fornecido um sinal correspondente para o equipamento 200 na entrada 240, pelo menos um bloco de dados correspondente alcança o meio de determinação de valor 230, que por sua vez computa um valor relacionado à potência para pelo menos um sinal de passagem de banda. Aqui, sinais de passagem de banda são sinais relacionados à frequência, de maneira a serem providos por um banco de filtros de análise de Fourier, um banco de filtros de análise de sub-banda ou também um banco de filtros de análise QMF, por exemplo.

Uma frequência característica que, por exemplo, representa uma menor frequência inicial, uma frequência final superior, uma frequência de centro ou outra frequência típica, está aqui associada a cada sinal de passagem de banda. Se os sinais de passagem de banda forem valores espectrais de um banco de filtros de análise de Fourier, por exemplo, pode ser vista uma frequência subjacente ao valor espectral referido, por exemplo,

como frequência característica. No caso de sub-banda ou de sinais QMF, que incluem proporções de frequências de uma maior faixa de frequências, a frequência característica pode ser uma das frequências típicas supramencionadas.

5 Dependendo da implementação concreta de um equipamento 200 de acordo com uma configuração da presente invenção, o meio de determinação de valor 230 também pode enviar mais de um valor relacionado à potência para mais de um sinal de passagem de banda com base no mesmo bloco de dados, que é  
10 exclusivamente identificável por um índice de tempo. Assim, é possível, por exemplo, determinar os valores correspondentes relacionados à potência para diversos sinais de sub-banda ou para todos.

Os valores relacionados à potência podem, por  
15 exemplo, ser um valor energético do sinal de passagem de banda referido ou um valor proporcional a este. Da mesma forma, também pode ser um valor proporcional a uma potência de um valor do sinal de passagem de banda referido com um expoente positivo e inteiro,  
se o valor que serve como base for um valor real. De forma  
20 alternativa ou adicional, o valor relacionado à potência também pode ser proporcional a uma potência de uma magnitude (valor absoluto) do sinal de passagem de banda referido com um número real e positivo como expoente. Por exemplo, isso também permite o uso de valores complexos como base.

25 O(s) valor(es) relacionado(s) à potência assim determinados para pelo menos um sinal de passagem de banda são agora fornecidos ao meio de determinação de valor médio 250, que é formado para determinar pelo menos um valor correspondente médio.

Em configurações da presente invenção onde é provido mais de um valor relacionado à potência por bloco de dados ao meio de determinação de valor médio 250, como um valor médio pode ser determinado para cada ou somente para diversos valores referidos.

5                   Como ainda será explicado, a determinação do valor médio pode aqui ser feita com base na média deslizante, que, por exemplo, se baseia nos blocos de dados temporalmente precedentes ou em vários deles, além do bloco atual de dados. Isso pode, por exemplo, ser feito tomando em conta respectivamente os  
10 valores respectivos dos diferentes blocos de dados, ou sob a forma de uma computação recursiva. Ainda será esclarecida uma implementação concreta à frente.

O pelo menos um valor relacionado à potência do meio de determinação de valor 230 e o pelo menos um valor médio do  
15 meio de determinação de valor médio 250 são agora providos ao meio de modificação 260, que modifica o valor relacionado à potência com base no determinado valor médio do sinal de passagem de banda referente. Em diferentes configurações da presente invenção, isto  
pode, por exemplo, ser feito por simples subtração, por simples  
20 divisão, ou por uma operação matemática mais complexa baseada em uma subtração ou uma divisão.

Aqui, o meio de modificação 260 gera um ou mais valores modificados relacionados à potência, com base nos quais o meio de computação a jusante das informações de controle 270 agora  
25 computa as informações de controle do filtro acústico de supressão 210.

Dependendo de qual sinal é fornecido na entrada  
240 do equipamento 200, pode ser aconselhável fornecer o mesmo

sinal ou também outro sinal para o filtro acústico de supressão 210 pela outra entrada opcional 280. Se o sinal fornecido na entrada 240 for o sinal do microfone, por exemplo, a implementação da outra entrada 280 do filtro acústico de supressão 210 pode ser possivelmente omitida. Ainda assim, se o sinal fornecido na entrada 240 for o sinal de alto-falante, pode ser na verdade aconselhável a implementação da outra entrada 280 para a qual o sinal do microfone é então fornecido.

É ainda um ponto fraco dos sistemas convencionais de supressão de eco acústico descritos acima que não administrem muito bem o ruído estacionário no sinal do microfone. Essa fraqueza relativa à qualidade de áudio também pode pelo menos parcialmente ser aperfeiçoada empregando as configurações da presente invenção. Como ainda será demonstrado à frente, o ruído estacionário ou quase estacionário leva a um desvio de estimativa sistemática com relação à estimativa de eco, piorando o desempenho desses sistemas em cenários onde a relação sinal/ruído (SNR) não seja muito alta.

As configurações da presente invenção na verdade abrem uma nova técnica para tratar e pelo menos parcialmente eliminar a fraqueza acima mencionada dos correspondentes sistemas de eco acústico. Em particular, a configuração da presente invenção mostrada na Fig. 2 não permite a percepção básica de uma técnica para a estimativa de um filtro de estimativa de eco em que seja reduzido o problema do desvio de estimativa sistemática causada pela presença do ruído.

As configurações da presente invenção, portanto se relacionam com a computação de um filtro de estimativa de eco.

Se baseiam na estimativa de flutuações de tempo do espectro do microfone, partindo das flutuações de tempo dos espectros alto-falante. As configurações da presente invenção, portanto permitem uma estimativa mais correta do filtro de estimativa de ecos, sem a introdução do desvio de estimativa sistemática por possíveis outros ruídos nos canais do microfone. As configurações da presente invenção, portanto permitem a implementação do filtro de estimativa de ecos com base nas flutuações da contribuição espectral.

Antes que sejam esclarecidas outras configurações da presente invenção em maiores detalhes ainda no curso da presente descrição, como também serem considerados em maiores detalhes seus funcionamentos, deve ser mencionado que dois componentes acoplados entre si devem significar aqueles ligados direta ou indiretamente pelos meios de conexão correspondentes, caminhos de sinais ou outros métodos de comunicações. Aqui, os meios anteriormente descritos 230, 250, 260 e 270 foram todos implantados no contexto do meio de computação 220.

Aqui, não é necessário que os meios individuais sejam procedidos por meio de blocos de circuitos separados. Assim, podem na verdade ocorrer superposições parciais ou totais dos componentes de circuito do meio de computação 220 que pertencem a mais de um dos meios mencionados. Por exemplo, se o meio de computação 220 for um processador, os mesmos circuitos podem pelo menos ser parcialmente usados em meios diferentes. Assim, por exemplo, as mesmas peças de uma ALU (unidade lógica aritmética) pode ser empregada no meio de determinação de valor 230, como também no meio de modificação 260. Nesse caso, o acoplamento dos

meios respectivos 230, 260 pode, por exemplo, ser feito por meio da locação de memória em uma memória.

Nesse ponto, também deve ser ressaltado que meios, unidades e objetos funcionalmente iguais ou funcionalmente similares, são indicados a seguir com numerais de referência similares ou iguais. Também são usados os mesmos ou similares numerais de referência para meios, objetos e unidades que sejam iguais, similares, funcionalmente iguais ou funcionalmente similares. Por este motivo, passagens da descrição relativa a objetos, meios e unidades indicadas com os mesmos ou similares numerais de referência podem ser transferidas entre as configurações individuais da presente invenção, o que permite uma ilustração concisa e clara das várias configurações, sem o uso de repetições desnecessárias.

O resumo dos numerais de referência usados ainda no curso da presente descrição também conta entre os numerais similares de referência. Se meios, objetos e elementos ocorrerem múltiplas vezes em uma figura, múltiplas vezes em uma configuração da presente invenção, ou múltiplas vezes em outras circunstâncias, os objetos, meios e elementos individuais serão indicados com numerais de referência individuais, considerando que o numeral de referência de resumo do acompanhamento será usado em uma descrição, declaração ou discussão das características e propriedades gerais de todos os meios, objetos e unidades correspondentes. Assim, por exemplo, o numeral de referência de resumo 160 foi usado para dois caminhos indiretos de superposição 160-1 e 160-2. O uso de numerais de referências de resumos em muitos casos ainda é uma indicação do fato que os respectivos

meios, elementos e unidades assim indicados compreendem as mesmas ou similares características funcionais ou estruturais, a menos que qualquer outro fato contraditório possa ser inferido da descrição dos respectivos meios, objetos e elementos.

5                   Uma parte crucial de um sistema de supressão de ecos é a estimativa correta da magnitude ou dos espectros de potência do sinal de eco, de forma que possa ser computado um efetivo filtro de supressão de ecos. Na referência [6], o espectro da magnitude do eco é estimado pela filtragem correta do espectro  
10 de magnitude retardado do alto-falante com a ajuda de um filtro de estimativa de eco.

Entretanto, é primeiro mostrado que a computação do filtro de estimativa de eco em referência [6] leva a um desvio de estimativa sistemática sempre que houver um ruído no sinal do  
15 microfone. Então, é proposto um método para computar o filtro de estimativa de eco (quase) sempre sem o desvio de estimativa sistemática, mesmo se houver ruído nos sinais. Este problema do desvio de estimativa sistemática é abordado pela estimativa do  
filtro de estimativa de eco com base nas flutuações dos espectros  
20 de sinal, como também mostrado na Fig. 3.

A Fig. 3 mostra um diagrama simplificado de circuito de bloco de um equipamento 200 para a computação de informações de controle de um filtro acústico de supressão junto com um correspondente filtro acústico de supressão, não  
25 diretamente implantado na Fig. 3, mas como parte de um circuito maior. O diagrama de circuito de bloco mostrado na Fig. 3 é um diagrama simplificado, onde não são mostrados todos os componentes. Com base na Fig. 3, deve ser somente explicado o

funcionamento básico de um equipamento de acordo com uma configuração da presente invenção e/ou de um correspondente filtro acústico de supressão de acordo com uma configuração da presente invenção.

5 Assim, a Fig. 3 mostra novamente um alto-falante 100 reproduzindo um sinal de alto-falante  $x[n]$ . Este sinal de alto-falante é enviado a uma unidade 300. Além disso, a Fig. 3 também mostra um microfone 110 enviando um sinal do microfone  $y[n]$  à unidade 300.

10 A unidade 300, que inclui o meio de determinação de valor 230 e o meio de determinação de valor médio 250 com relação à configuração mostrada na Fig. 2, está ilustrada de forma um pouco diferente na Fig. 3. Assim, a unidade 300 na Fig. 3 inclui dois meios estimativos para flutuações temporais 310-1,  
15 310-2, que também são indicadas como ETF (estimativa de flutuação temporal) na Fig. 3. Os meios estimativos 310-1 aqui são acoplados ao alto-falante 100 no lado da entrada, enquanto os meios  
— estimativos 310-2 são acoplados ao microfone 110 no lado da entrada.

20 Os dois meios de avaliação 310 aqui pelo menos executam as características e propriedades funcionais do meio de determinação de valor 230 e do meio de determinação de valor médio 250 como descrito em relação à Fig. 2 dos sinais de passagem de banda incluídos no sinal de alto-falante e no sinal do microfone.  
25 A configuração do equipamento 200 mostrado na Fig. 3 assim representa uma configuração em que são processados não somente um único sinal do grupo de sinais, mas pelo menos dois sinais, isto é, o sinal de alto-falante e o sinal do microfone. Os dois meios

estimativos 310 assim determinam os valores relacionados à potência para ambos os sinais dos sinais correspondentes de passagem de banda e dos valores médios de acompanhamento, na configuração mostrada na Fig. 3.

5 Os dois meios estimativos 310 são acoplados, cada um em uma saída, às entradas correspondentes de um filtro de estimativa de eco 320, que inclui o meio de modificação 260 e o meio de computação das informações de controle 270 com relação à descrição da configuração mostrada na Fig. 2. De forma  
10 correspondente, o filtro de estimativa de eco 320 executa a funcionalidade dos dois meios 260 e 270 descritos com relação à Fig. 2 com base nos valores relacionados à potência e nos valores médios de acompanhamento de ambos os sinais  $x[n]$ ,  $y[n]$ .

O equipamento 200 na Fig. 3 ainda inclui uma  
15 unidade de processo para a supressão de ecos ou circuito de processo para a supressão de ecos 325 (ERP = processo para a remoção de ecos), que também é denominado como supressão de ecos na Fig. 3 e inclui a funcionalidade do filtro acústico de supressão  
210 da Fig. 2. O filtro de estimativa de eco 320, portanto também  
20 compreende uma entrada correspondente para as informações de controle para as quais são fornecidas as informações de controle providas pelo filtro de estimativa de eco 320.

Exatamente como o filtro acústico de supressão, a unidade de processo para a supressão de ecos 325 então também  
25 gera, com base nos sinais providos, um sinal acústico  $e[n]$  baseado no sinal do microfone  $y[n]$  e pelo menos parcialmente corrigido com relação ao eco gerado pelo alto-falante 100. Essa etapa também é geralmente denominada de modificação espectral, razão pela qual o

filtro acústico de supressão 210 (não mostrado na Fig. 3) e a unidade de processo para a supressão de ecos 325 são denominados de modificação espectral, já que operam em um domínio de frequência pelo menos em algumas configurações da presente invenção. Com relação à unidade de processo para a supressão de ecos 325, em particular, são feitas outras referências à descrição da Fig. 7.

A Fig. 3 assim mostra um diagrama de circuito de blocos de uma estimativa proposta do filtro de estimativa de eco, onde as abreviações ETF e EEF usadas na Fig. 3 significam estimativa das flutuações temporais e filtro de estimativa de eco, respectivamente.

Para a melhor compreensão do funcionamento das configurações da presente invenção, será agora descrito o seguinte funcionamento em maiores detalhes com base em um modelo de sinal com referência aos desenhos. A seguir, será aqui suposto que o caminho do eco acústico  $c_n$  do ambiente acústico da Fig. 1 pode ser expresso como uma combinação de um caminho de transmissão direta ou caminho de propagação direta e uma influência de um filtro linear  $g_n$ . O caminho de propagação direta aqui corresponde a um retardo do sinal de alto-falante e do sinal do microfone por um valor de retardo de  $v$  amostras. O filtro linear  $g_n$  aqui modela as propriedades acústicas do ambiente. Assim, é obtido

$$c_n = g_n * \delta[n - v], \quad (1)$$

com  $\delta[n]$  indicando um impulso unitário, e  $*$  indicando a convolução (matemática). Supondo que somente o falante da extremidade remota esteja ativo, o modelo do domínio do tempo do sinal do microfone  $y[n]$  é dado por

$$y[n] = g_n * x[n - v] + w[n], \quad (2)$$

onde  $n$  novamente é um inteiro que representa um índice de tempo com relação aos valores amostrados de um período discreto de tempo. As variáveis  $n$  que ocorrem nas equações (1) e 5 (2) são assim índices no domínio do tempo.

Na equação (2), a expressão  $g_n * x[n - v]$  aqui denota o sinal retardado e filtrado do de alto-falante como coletado pelo microfone. A contribuição  $w[n]$  aqui representa um ruído estacionário de fundo presente na área de gravação. Por meio 10 de uma correspondente transformada tempo/frequência, isto é, por exemplo, uma transformada de Fourier de tempo reduzido (STFT), em ambos os lados da equação (2), é obtido

$$Y[k, m] = G[k, m] X_d[k, m] + W[k, m], \quad (3)$$

onde  $k$  é um inteiro e indica um bloco de dados 15 sob a forma de um número de bloco de dados (*frame number*), e onde  $m$  é um índice de frequência, isto é, também um inteiro. Aqui, de acordo com

$$X_d[k, m] := X[k - d, m], \quad (4)$$

o correspondente sinal de alto-falante retardado 20 na frequência ou no domínio STFT é  $x[n - v]$ , onde é suposto aqui no presente caso que  $v$  é um inteiro múltiplo de uma mudança de bloco de dados (*frame shift* ou valor de avanço da amostra)  $K$ . Em outras palavras, é suposto aqui que se aplica a equação

$$v = d K \quad (5)$$

25 onde  $v$ ,  $d$  e  $K$  são inteiros correspondentes. A equação (5) aqui somente representa uma suposição, permitindo uma pequena simplificação da notação, mas de longe não representando um pré-requisito estrito para a validade das demais equações ou de

sua realização técnica. Ainda no curso da descrição, se for mencionado um retardo de sinais ou frequências de valores, não é necessário levar em conta rigidamente a equação (5).

Em ainda outras palavras, o fluxo de dados acústicos contínuo e amostrado é dividido em blocos de dados de comprimento K no domínio do tempo, em algumas configurações da presente invenção. É claro, em outras configurações, blocos de dados também podem incluir um maior número de valores com que o fluxo de dados referido é alterado. Isso pode, por exemplo, ser obtido por superposições.

Além disso, a designação  $G[k,m]$  na equação (3) é usada como representação de acompanhamento do filtro  $g_n$  e/ou sua resposta de impulso. De forma correspondente,  $W[k,m]$  indica a representação do ruído estacionário de fundo  $w[n]$  no domínio da frequência. Na prática, é razoável supor que  $x[n]$  e  $w[n]$  não são correlacionados, seguindo-se da equação (3) que

$$E\{Y[k, m]^2\} = E\{G[k, m]^2 \cdot |X_d[k, m]|^2\} + E\{W[k, m]^2\}, \quad (6)$$

onde  $E\{\}$  indica o valor da expectativa matemática ou um valor médio (ex., o valor da média aritmética). Como uma aproximação instantânea da equação (6), isto pode ser escrito sob a forma dos espectros de potência  $|Y[k, m]|^2$  como

$$|Y[k, m]|^2 \approx |G[k, m]|^2 \cdot |X_d[k, m]|^2 + |W[k, m]|^2. \quad (7)$$

Com base neste modelo de sinalização, outras configurações da presente invenção serão descritas em conexão com as Figs. 4 e 5 sob forma de um equipamento 200 para a computação de informações de controle para um filtro acústico de supressão 210. As Figs. 4 e 5 aqui mostram diagramas de circuito de blocos,

onde a Fig. 5 mostra um diagrama de circuito de blocos de meio de computação retardado que pode ser usado na configuração mostrada na Fig. 4.

A Fig. 4 mostra um diagrama de circuito de blocos de um equipamento 200 para a computação de informações de controle de um filtro acústico de supressão 210. Tanto o equipamento 200 como o filtro acústico de supressão 210 aqui são configurados como parte de um meio de computação 220, que pode, por exemplo, ser um processador ou uma CPU (unidade de processamento central).

O equipamento 200 aqui compreende uma primeira entrada 240-1 e uma segunda entrada 240-2, onde a primeira entrada 240-1 e a segunda entrada 240-2 são fornecidas a um sinal de alto-falante no domínio do tempo e um sinal do microfone no domínio do tempo, respectivamente. Um meio de transformada tempo/frequência 330-1, que pode, por exemplo, ser um banco de filtros de análise de Fourier de curta duração, um banco de filtros de análise de Fourier, um banco de filtros de análise de sub-banda ou também um banco de análise de filtro QMF, está acoplado à primeira entrada 240-1. Um meio de retardo 340 formado para enviar o sinal provido a partir do meio de transformada tempo/frequência 330-1 de forma retardada está acoplado a uma saída do meio de transformada tempo/frequência 330-1.

No lado da saída, o meio de retardo 340 está acoplado a um meio de determinação de valor 230, que compreende um sub-meio de determinação do primeiro valor 230a do sinal de alto-falante, na configuração mostrada na Fig. 4. O meio de determinação de valor 230 é então acoplado a um meio de determinação de valor médio 250, que por sua vez compreende um

sub-meio de determinação de valor médio 250a, que está acoplado tanto à saída do meio de retardo 240 como à saída do sub-meio de determinação de valor 230a. O meio de determinação de valor médio 250, assim como o sub-meio de determinação do valor médio 250a estão acoplados na saída, a uma entrada de um sub-meio de modificação 260a de um meio de modificação 260. Por outra entrada, o sub-meio de modificação 260a aqui está acoplado à saída do sub-meio de determinação de valor 230a, de maneira que o valor original fica também disponível para o sub-meio de modificação 260a, além do valor médio determinado.

Além deste primeiro caminho do sinal de alto-falante, o equipamento 200 compreende um segundo caminho, que está acoplado à segunda entrada 240-2 do sinal do microfone. Mais especificamente, um segundo meio de transformada tempo/frequência 330-2 aqui está acoplado à segunda entrada 240-2 no lado da entrada. No lado da saída, está então acoplado a um segundo sub-meio de determinação de valor 230b, que também é configurado como ~~parte do meio de determinação de valor 230~~. O meio de determinação de valor médio 250 também compreende um sub-meio de determinação de valor médio 250b do sinal do microfone, que está acoplado tanto à saída do meio de transformada tempo/frequência 330-2 como a uma saída do segundo sub-meio de determinação de valor médio 230b no lado da entrada. O sub-meio de determinação de valor médio 250b, da mesma forma que o meio de determinação de valor médio 250a, está acoplado a uma entrada do meio de modificação 260. O sub-meio de determinação de valor médio 250b aqui está acoplado a um segundo sub-meio de modificação 260b, que também faz parte do meio de modificação 260. Por uma outra entrada, o sub-meio de

modificação 260b aqui está acoplado à saída do sub-meio de determinação de valor 230b, de maneira que o valor original está disponível para o sub-meio de modificação 260b, além do valor médio determinado.

5 Por meio de seus dois sub-meios de modificação 260a, 260b, o próprio meio de modificação 260 é acoplado à entrada de um meio de computação das informações de controle 270, que inclui uma conexão em série de meios estimativos 350 e um meio de computação 360 para as informações de controle reais, na  
10 configuração mostrada na Fig. 4. Na configuração do equipamento 200 mostrada na Fig. 4, o meio de computação 360 está ainda acoplado às saídas do sub-meio de determinação de valor 230b e ao meio de retardo 340.

Tanto o sinal de controle fornecido pelo meio de  
15 computação 360 como incluindo as informações de controle e o sinal do microfone transferido para o domínio da frequência ou para um domínio próximo à frequência no segundo meio de transformada tempo/frequência 330-2, com base no qual o filtro acústico de supressão 210 gera um sinal de eco suprimido no domínio da  
20 frequência ou no domínio próximo à frequência e assim realiza a modificação espectral do sinal, são providos para o filtro acústico de supressão 210. O sinal modificado no domínio da frequência ou no domínio próximo à frequência é então comunicado a um meio de transformação frequência/tempo 370 que faz a  
25 retrotransformação no domínio do tempo. No lado da saída, está acoplado a uma saída 290 do equipamento 200, na qual o sinal do microfone eco suprimido ou eco reduzido é provido no domínio do tempo - em contraste com a configuração mostrada na Fig. 2.

Além disso, a configuração de um equipamento 200 mostrada na Fig. 4 ainda inclui a meio de computação do valor de retardo 380, que está acoplado, em uma saída, a uma entrada (entrada de controle) do meio de retardo 340 por meio da qual comunica o valor de retardo corrente ou um valor de correção corrente para o valor de retardo ao meio de retardo 340. O meio de computação do valor de retardo 380 aqui está acoplado a um caminho para o sinal de alto-falante e o sinal do microfone cada.

Dependendo da implementação completa, este acoplamento a dois caminhos, que são fundidos somente atrás do meio de modificação 260, pode ser feito em diferentes locais. Assim, o meio de computação do valor de retardo 380 pode, por exemplo, pode ser acoplado à saída do primeiro meio de transformada tempo/frequência 330-1, à saída do meio de retardo 340, ou a saída do primeiro sub-meio de modificação 260a do meio de modificação 260. Além disso, o meio de computação do valor de retardo 380 pode ser acoplado à saída do segundo meio de transformada tempo/frequência 330-2 ou à saída do segundo sub-meio de modificação 260b do meio de modificação 260, com relação ao caminho do sinal do microfone.

A Fig. 5 mostra um diagrama de circuito de blocos do meio de computação do valor de retardo 380, como pode, por exemplo, ser empregado na Fig. 4. O meio de computação do valor de retardo 380 aqui compreende uma primeira entrada 390-1 e uma segunda entrada 390-2, uma das quais está acoplada ao caminho do sinal de alto-falante e o outro ao caminho do sinal do microfone na configuração mostrada na Fig. 4. Assim, por exemplo, a primeira entrada 390-1 pode estar acoplada à saída do meio de retardo 340

com relação ao caminho do sinal de alto-falante, e a segunda entrada 390-2 à saída do segundo meio de transformada tempo/frequência 330-2.

O meio de computação do valor de retardo 380 compreende um meio de computação de função de coerência 400 acoplada a ambas as entradas 390. É formado para computar uma correspondente função de coerência com base nos sinais que chegam às duas entradas 390. No lado da saída, está acoplado ao meio de computação de ganho de predição do eco a jusante 410 formado para computar o correspondente ganho de predição de eco e enviá-lo a um meio de otimização 420. Este meio de otimização 420 então é acoplado a uma saída 430 do meio de computação do valor de retardo 380, que por si está acoplado à entrada do meio de retardo 340 da Fig. 1 para o valor correspondente de retardo.

O valor de retardo  $d$  pode assim ser computado ou determinado com a ajuda dos meios mostrados na Figs. 4 e 5, usando a função de coerência, por exemplo, uma função de coerência quadrada, com relação aos espectros de potência do alto-falante e microfone de acordo com

$$\Gamma_d[k, m] = \frac{(E\{X[k-d, m]^2 \cdot |Y[k, m]|^2\})^2}{E\{X[k-d, m]^2 \cdot |X[k-d, m]|^2\} \cdot E\{Y[k, m]^2 \cdot |Y[k, m]|^2\}}, \quad (8)$$

onde o valor da expectativa  $E\{\}$  que ocorrem na equação (8) também pode ser implementado como valor médio. Esta computação é feita pelo meio de computação de função de coerência 400 do meio de computação do valor de retardo 380, na configuração mostrada nas Figs. 4 e 5.

Basicamente, o valor de retardo  $d$  pode ser computado para cada banda de frequência e/ou para cada sinal de

passagem de banda, onde o sinal de passagem de banda é determinado por um índice  $m$ , que é um inteiro. Nas configurações descritas nas Figs. 4 e 5, entretanto, somente o uso de um único valor de retardo para todas as frequências e/ou todos os sinais de passagem de banda é considerado. Por essa razão, o chamado ganho de predição de eco  $\omega[k]$  é computado no eco meio de computação de ganho de predição 410 como um valor médio das funções de coerência  $\Gamma_d[k, m]$  em todas as frequências individuais de acordo com

$$\omega_d[k] = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} \Gamma_d[k, m], \quad (9)$$

onde  $M$  é um inteiro que indica o número de bandas de frequências e/ou sinais de passagem de banda. O índice  $m$  das bandas individuais aqui varia entre 0 e  $M-1$ . O valor de retardo real  $d$  então é escolhido de maneira que o ganho de predição de eco seja maximizado, pelo meio de otimização 420. Em outras palavras, isto é determinado pelo meio 420 de acordo com

$$d = \operatorname{argmax}_d \{\omega_d[k]\}, \quad (10)$$

onde a função  $\operatorname{argmax}_d\{\}$  denota a determinação de exatamente o valor máximo com relação ao parâmetro  $d$ .

Aqui, como ilustrado na Fig. 4, o valor de retardo atual  $d$  como uma função das formas de onda atuais é comunicado ao meio de retardo 340 pelo meio de computação do valor de retardo 380. Mais especificamente, a conexão do meio de computação do valor de retardo 380 descrito aqui é um circuito de feedback onde o sinal disponível para o meio de retardo 340 tende a representar um sinal de correção com relação ao valor de retardo  $d$ , já que o sinal retardado é considerado na computação das funções de coerência. Basicamente, é também possível indicar o

valor de retardo, como computado de acordo com a equação (10), com  $\Delta d$ , que representa o desvio do valor de retardo previamente computado. Levando isto em conta, pode ser feito pelo meio de retardo 340 para obter o valor de retardo absoluto  $d$ . No caso de uma computação com base nos sinais não retardados, entretanto, o valor de retardo respectivo pode ser determinado diretamente pela equação (10).

Com relação ao filtro de estimativa de eco, o seguinte demonstra que a estimativa usada em referência [6] leva a uma estimativa alterada por um desvio de estimativa sistemática. Na referência [6], a estimativa do filtro de estimativa de eco é feita diretamente nas estimativas dos espectros de potência  $|Y[k, m]|^2$  e  $|X_d[k, m]|^2$ , isto é, nos espectros do microfone e alto-falante diretamente medidos e detectados. No domínio da potência, o seguinte é obtido para os filtros de estimativa de ecos  $\hat{G}_{\text{biased}}[k, m]$

$$|\hat{G}_{\text{biased}}[k, m]|^2 = \frac{E\{|Y[k, m]|^2 - |X_d[k, m]|^2\}}{E\{|X_d[k, m]|^2\}} \quad (11)$$

Como mostrado no Apêndice A, o uso da equação (11) leva a uma estimativa alterada pelo desvio de estimativa sistemática para o filtro de estimativa de eco devido à proporção aditiva do ruído estacionário  $W[k, m]$ . Assim, com base na equação (11), o filtro de estimativa de eco no domínio da potência resulta como

$$|\hat{G}_{\text{biased}}[k, m]|^2 = |G[k, m]|^2 + \frac{\sigma_w^2[k, m]}{E\{|X_d[k, m]|^2\}}, \quad (12)$$

onde  $\sigma_w^2[k, m]$  é a variância do ruído estacionário

w[n] dentro de uma banda de frequência com o índice m e o índice do bloco de dados ou índice de tempo k. Aqui, imediatamente resulta de (12) que o filtro de estimativa de eco alterado pelo desvio de estimativa sistemática potencialmente leva a estimativas inaceitavelmente altas do sinal de eco em ambientes ruidosos. Como uma superestimativa dos sinais de eco resulta tipicamente em um supressão de ecos muito agressiva, os distúrbios nos sinais de fala de extremidade próxima seriam inaceitavelmente altos durante a comunicação simultânea bidirecional (situações de falas duplas).

10 Ao fazer uso de configurações da presente invenção, as ilustradas nas Figs. 4 e 5, por exemplo, o filtro de estimativa de eco  $G[k, m]$  é estimado com relação às flutuações temporais dos espectros de potência do alto-falante e do microfone. As flutuações temporais dos espectros de potência aqui  
15 são determinadas como "centradas" ou versões mediadas, isto é, reduzindo ou - mais geralmente - levando em conta os valores médios correspondentes. Assim, no meio de modificação 260, um espectro de potência modificado é computado pelo segundo meio de modificação 260b como valores modificados relacionados à potência  
20 do sinal do microfone de acordo com

$$\tilde{Y}[k, m] = |Y[k, m]|^2 - E\{|Y[k, m]|^2\}. \quad (13)$$

De forma correspondente, um espectro de potência modificado do sinal de alto-falante também é computado pelo meio de modificação 260 na forma do primeiro sub-meio de modificação  
25 260a de acordo com

$$\tilde{X}_d[k, m] = |X_d[k, m]|^2 - E\{|X_d[k, m]|^2\}. \quad (14)$$

Os valores de expectativa matemática  $E\{\}$  que

entram nas equações (13) e (14) aqui são formados pelo meio de  
 determinação de valor médio 250. Aqui, de forma conveniente, o  
 valor de expectativa matemática  $E\{\}$ , como usado nas equações  
 acima, é substituído por um valor médio de curta duração pelos  
 5 dois sub-meios de determinação de valor médio 250a e 250b com base  
 nos correspondentes valores relacionados à potência. Iniciando  
 pelo exemplo de

$$\Phi_{AB}[k, m] = E\{A[k, m] \cdot B[k, m]\}, \quad (15)$$

onde os valores  $A[k, m]$  e  $B[k, m]$  podem representar  
 10 valores arbitrários, até iguais, do valor médio de curta duração  
 $\hat{\Phi}_{AB}[k, m]$  com relação ao valor  $\Phi_{AB}[k, m]$  que é obtido, por exemplo,  
 por uma suavização recursiva de acordo com

$$\hat{\Phi}_{AB}[k, m] = (1 - \alpha_{avg})\hat{\Phi}_{AB}[k - 1, m] + \alpha_{avg}A[k, m] \cdot B[k, m]. \quad (16)$$

O fator  $\alpha_{avg}$  aqui determina o grau de suavização  
 15 no tempo e pode ser adaptado a qualquer requisito dado.

Em outras palavras, um valor médio temporal pode  
 ser computado para uma quantidade arbitrária  $A[k, m]$ , onde  $k$  é um  
 índice de tempo, de acordo com

$$E(A[k, m]) = (1 - \alpha_{avg})E(A[k - 1, m]) + \alpha_{avg} \cdot A[k, m], \quad (17)$$

20 onde a quantidade  $E(A[k, m])$  é computada  
 recursivamente com base no valor atual  $A[k, m]$  e no valor médio  
 previamente computado  $E(A[k - 1, m])$ . O fator  $\alpha_{avg}$  aqui pesa a  
 contribuição da adição do novo valor  $A[k, m]$  em relação ao valor  
 médio previamente computado, que, por si só, é pesado pelo fator  
 25  $(1 - \alpha_{avg})$ .

Dessa maneira, com a ajuda das regras de  
 computação providas nas equações (15) a (17), um valor médio

correspondente pode ser determinado nos meios de determinação do valor médio 250 e seus dois sub-meios de determinação de valor médio 250a e 250b dos dados correspondentes disponibilizados para estes meios. A implementação de uma regra de computação de acordo com as equações (15) a (17), aqui, representa uma média deslizando, recursiva que pode ser executada em tempo real. Em especial, não tem é necessário esperar por blocos de dados "futuros" aqui.

Os meios de computação de informações de controle 270 com os meios de estimativa 350, agora, são capazes de computar as informações de controle para o filtro de supressão acústica 210 com base nos valores modificados relacionados à potência providos dos meios de modificação 260. Para este fim, primeiramente um filtro de estimativa de eco  $\hat{G}[k, m]$  é computado pelos meios de estimativa 350, considerando as flutuações temporais dos espectros de potência, de acordo com

$$|\hat{G}[k, m]|^2 = \frac{E\{\tilde{Y}[k, m] \cdot \tilde{X}_d[k, m]\}}{E\{\tilde{X}[k, m] \cdot \tilde{X}_d[k, m]\}} \quad (18)$$

Mais especificamente, o curso de frequência de magnitude do filtro de estimativa de eco correspondente  $\hat{G}[k, m]$  é computado de acordo com a equação (18), onde a informação de fase associada pode também ser adicionada e/ou estimada por meio de vários métodos. Conforme necessário, uma fase constante como informação de fase pode, assim, ser usada, por exemplo, para todas as bandas de frequência, faixas de frequência ou sinais de passagem de banda, determinada como uma função do valor de atraso  $d$  para a banda de frequência correspondente ou determinada do curso temporal ou do curso espectral das magnitudes correspondentes.

Por esta estimativa, conforme executado na equação (18), apenas dinâmicas espectrais do sinal do alto-falante e do sinal do microfone são usados para estimar o filtro de estimativa de eco. Conforme também ilustrado no Apêndice B, o sinal de ruído fixo aditivo  $w[n]$  é cancelado pela estimativa de acordo com a equação (18). Conforme mostrado na derivação no Apêndice B, o uso de equação (18) conduz à estimativa não mudada da função de transferência de potência de eco  $|G[k, m]|^2$ . Mais especificamente, dessa maneira

$$|\hat{G}[k, m]|^2 = |G[k, m]|^2. \quad (19)$$

Além do mais, deve ser indicado aqui que, como uma alternativa para usar a equação (8), a estimativa do valor de atraso  $d$  pode também ser executada com base nos espectros de flutuação, usando a função de coerência de acordo com

$$\tilde{\Gamma}_d[k, m] = \frac{(E\{\tilde{X}[k-d, m] \cdot \tilde{Y}[k, m]\})^2}{E\{\tilde{X}[k-d, m] \cdot \tilde{X}[k-d, m]\} \cdot E\{\tilde{Y}[k, m] \cdot \tilde{Y}[k, m]\}}, \quad (20)$$

onde  $\tilde{X}[k-d, m]$  é definido analogamente à equação (14). O valor de atraso real é, então, escolhido com base no ganho de predição de eco

$$\tilde{\omega}_d[k] = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} \tilde{\Gamma}_d[k, m] \quad (21)$$

de modo que ganho de predição de eco é maximizado.

Em outras palavras, a computação de valor de atraso pode também ser executada pelos meios de computação de valor de atraso 380 usando quantidades diferentes daquelas designadas em conexão com as equações (8) e (9). Com relação à

figura 4, isto significa que outros valores são providos para os meios de computação de valor de atraso 380 por meio dos caminhos desenhados opcionalmente, de modo que estes estão disponíveis nas entradas 390. Os meios de computação de informações de controle 270 tornam as informações de controle disponível para o filtro de supressão acústica 210 na forma de coeficientes de filtro  $H[k,m]$  baseado nos parâmetros de desenho  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $L_H$ , que serão introduzidos em maiores detalhes a seguir.

Nas configurações da presente invenção, sinais de passagem de banda do sinal de alto-falante ou um sinal derivado do mesmo, que pertence a frequências características diferentes, podem ser atrasados em uma extensão diferente. Por exemplo, isto pode ser aconselhável quando caminhos de propagação diferentes têm uma atenuação seletiva à frequência, de modo que o caminho de propagação direto não mais provê a contribuição de sinal mais forte em certas faixas de frequência. Neste caso, a determinação do valor de atraso pode ser executada diretamente com base nas funções de coerência e/ou com base em uma computação dos ganhos de predição de eco feita por meio de uma banda de frequência limitada.

A supressão de eco acústica é executada pelo filtro de supressão acústica 210 por pesagem do sinal de microfone com um filtro de supressão de eco apropriado de acordo com

$$E[k,m] = H[k,m] \cdot Y[k,m]. \quad (22)$$

O espectro de microfone  $Y[k,m]$  aqui é provido para o filtro de supressão acústica 210 diretamente a partir da saída do segundo meio de transformação tempo/frequência 330-2. Os fatores de pesagem e/ou fatores de filtro  $H[k,m]$ , aqui,

representam as informações de controle, o filtro de supressão acústica 210 obtém dos meios de computação 360 para as informações de controle e/ou dos meios de computação de informações de controle 270.

O filtro de estimativa de eco  $H[k, m]$  e/ou as informações de controle podem, aqui, serem computados de acordo com o método de subtração espectral, conforme descrito na referência [7]. As informações de controle pode, neste caso, ser provida por

$$H[k, m] = \left( \frac{\max\left(|Y[k, m]|^\gamma - \beta |\hat{Y}[k, m]|^\gamma, 10^{\frac{\gamma L_H}{20}}\right)}{|Y[k, m]|^\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma}}. \quad (23)$$

Os parâmetros de desenho  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $L_H$  são usados para controlar o desempenho desejado do filtro de supressão de eco. Valores típicos aqui são  $\beta = 2$ ,  $\gamma = 2$  e  $L_H = -60$  (corresponde a uma atenuação máxima de -60 dB). A estimativa do espectro de potência do eco aqui é obtida pelo filtro de estimativa de eco de acordo com

$$|\hat{Y}[k, m]|^2 = |\hat{G}[k, m]|^2 \cdot |X_d[k, m]|^2. \quad (24)$$

A computação de acordo com a equação (24) pode também ser executada pelos meios de computação para as informações de controle 360. Preferivelmente, a estimativa de eco e a supressão de eco são executadas com relação aos espectros originais do sinal de alto-falante e do sinal de microfone.

A Figura 6 mostra resultados numéricos com base nas configurações da presente invenção para uma frequência de 1000 Hz. As simulações foram geradas com sinais de fala corrompidos por

ruído 1/f (ruído rosa) com uma proporção de sinal-para-ruído (SNR) de 6 dB. A primeira metade da simulação, aqui, exclusivamente corresponde a um eco causado por uma falante de extremidade distante ativo, enquanto a segunda metade da simulação corresponde a uma situação de conversa bi-direcional (situação de conversa dupla).

A parte a da Figura 6 mostra um espectro de potência de curta duração 430 e um espectro de curta duração média do sinal de alto-falante para uma frequência de 1000 Hz sobreposta no mesmo como uma linha preta. Em outras palavras, a Figura 6a mostra um espectro de potência de curta duração 430 e um espectro de curta duração média 440 correspondente para um sinal de alto-falante.

A ilustração parcial b aqui mostra o filtro de estimativa de eco real como uma linha tracejada, assim como a estimativa com o desvio estimado sistemático ilustrado por pontos e aquele sem o desvio estimado sistemático desenhado como uma linha contínua. Em outras palavras, a ilustração parcial na Figura 6b mostra o filtro de estimativa de eco real  $G[k, m]$  como linha tracejada, a estimativa computada com desvio estimado sistemático  $\hat{G}_{\text{biased}}[k, m]$  de acordo com a equação (11) como linha pontilhada, assim como a estimativa  $\hat{G}[k, m]$  computada sem desvio estimado sistemático como uma linha contínua, computado como proposto e descrito nas configurações da presente invenção e na descrição.

A ilustração parcial 6c mostra um curso temporal do ganho de predição de eco, onde todas as três ilustrações parciais são baseadas em uma escala de tempo de 0 segundo (0 s) a 15 segundos (15 s) cada. Conforme explicado anteriormente, apenas

voz do alto-falante é incluída na faixa de tempo de 0 s até aproximadamente 7,5 s, que é novamente captada por meio do eco e do microfone, enquanto na segunda metade, isto é, no intervalo de tempo entre aproximadamente 7,5 s e 15 s, a voz é adicionalmente  
5 acoplada no microfone.

A ilustração parcial 6c, dessa maneira, corresponde ao ganho de predição de eco, que representa uma medida de confiabilidade do filtro de estimativa de eco como uma função de tempo. Estes gráficos mostram o desvio estimado sistemático do  
10 filtro de estimativa de eco computado sem considerar as estatísticas centradas, enquanto o filtro de estimativa de eco com base nas flutuações temporais corresponde ao filtro de estimativa de eco real  $G[k,m]$ , quando o ganho de predição de eco é suficientemente grande. Em especial, é ilustrado que, considerando  
15 a remoção do valor médio, o filtro de estimativa de eco tem uma correspondência claramente melhor com o curso desejado se comparado com aquele sem a remoção do valor médio. Em especial, na faixa de tempo entre 10 e 15 s na ilustração parcial 6b, existem  
diferenças significativas reconhecíveis com relação aos cursos de  
20 filtro de estimativa de eco correspondentes.

A Figura 7 mostra um diagrama de circuito de bloco simplificado de uma configuração adicional de um aparelho 200 com um filtro de supressão acústica 210. A ilustração escolhida na Figura 7 adicionalmente mostra dois cursos de tempo  
25 do sinal de microfone  $y[n]$  e do sinal de alto-falante  $x[n]$  em relação ao índice de tempo  $n$ . Conforme comparado com a configuração mostrada na Figura 3, a Figura 7, dessa maneira, mostra um diagrama de circuito de bloco mais completo do algoritmo

de supressão de eco acústico para uma configuração da invenção proposta. Devido à similaridade com a configuração mostrada na Figura 3, a descrição desta configuração é mantida mais curta neste ponto, e é feita referência às declarações na Figura 3 com relação a detalhes adicionais.

O sinal do alto-falante  $x[n]$  é suprido a um primeiro meio de transformação de tempo/frequência 330-1 na forma de uma transformada de Fourier de curta duração (STFT). Similarmente, o sinal do microfone  $y[n]$  é suprido a um segundo meio de transformação de tempo/frequência 330-2, que também é uma unidade STFT correspondente. Conforme mostrado em uma comparação das formas de onda temporais  $x[n]$  e  $y[n]$  das duas formas de onda, visto que o sinal de alto-falante conduz ao sinal de microfone por um intervalo de tempo  $d$ , o primeiro meio de transformação de tempo/frequência 330-1 gera um espectro de atraso de tempo correspondentemente do sinal de alto-falante  $X[k - d, m]$ .

Com relação aos dois cursos do tempo na parte superior da Figura 7, isto também é representado pelo uso dos dois braços 450-1 e 450-2, assim como pela seta 460 indicando o intervalo de tempo  $d$ . O segundo meio de transformação de tempo/frequência 330-2, entretanto, provê o espectro correspondente do sinal de microfone  $Y[k, m]$  na forma de tempo não atrasada. Com relação à Figura 4, isto significa que o meio de atraso 340 também é integrado no primeiro meio de transformação de tempo/frequência 330-1, na configuração mostrada na Figura 7.

Os dois meios de transformação de tempo/frequência 330-1, por sua vez, são acoplados a uma unidade 300, que inclui - conforme já mostrado na configuração ilustrada na Figura 3 - dois

meios de estimativa 310-1, 310-2, que são referidos como ETF na Figura 7. Aqui, a abreviação ETF refere-se a estimativa de flutuações temporais. Os meios de estimativa 310, dessa maneira, incluem as funções dos meios de determinação de valor 230 e dos meios de determinação de valor médio 250 da Figura 4.

No lado da saída, a unidade 300, por sua vez, é acoplada a um filtro de estimativa de eco 320, que novamente é designada com EEF (filtro de estimativa de eco) na Figura 7. O filtro de estimativa de eco 320, aqui, inclui as funcionalidades dos meios de modificação 260 e dos meios de estimativa 350 dos meios de computação das informações de controle 270. O filtro de estimativa de eco 320 apresenta a estimativa correspondente  $\hat{G}[k, m]$  para uma unidade de processo de supressão de eco 325 (ERP = processo de remoção de eco), que executa a remoção de eco real com base nos dois espectros  $X[k - d, m]$  e  $Y[k, m]$  e no filtro estimado  $\hat{G}[k, m]$ . Com relação à sua função, a unidade de processo de supressão de eco 325, dessa maneira, corresponde aos meios de computação 360 para as informações de controle, assim como o filtro de supressão acústica real 210.

Em sua saída, a unidade de processo de supressão de eco 325 provê um sinal de eco suprimido residindo no domínio de frequência, que é, então, tratado pela unidade de transformação de frequência/tempo 370, que é uma transformada de Fourier de curta duração inversa (ISTFT) no presente caso, de modo que o sinal de tempo correspondente  $e[n]$  reduzido com relação ao eco é enviado em sua saída.

Uma comparação das configurações mostradas nas Figuras 3 e 7 com a configuração mostrada nas Figuras 4 e 5

ilustra claramente que os meios individuais e módulos podem, na verdade, serem implementados diferentemente com relação a suas funcionalidades. Dessa maneira, etapas individuais podem ser reagrupadas por conversões matemáticas correspondentes. Dessa maneira, por exemplo, implementação das equações (22) a (24) pode também ser resumida diferentemente do que descrito na descrição acima na unidade de processo de supressão de eco 325. Dessa maneira, por exemplo, as computações respectivas podem ser executadas dentro de um processo de computação ou também em várias computações, diferentemente subdivididas.

A Figura 8 mostra uma configuração adicional de acordo com a presente invenção na forma de um aparelho 200 para computar informações de controle para um filtro de supressão acústica 210, que está também incluída no aparelho 200. A configuração mostrada na Figura 8, aqui, enfatiza que configurações podem também ser implementadas e embutidas em outras abordagens de supressão de eco acústico. Outra configuração, que representa uma segunda abordagem diferente com relação à inclusão da abordagem de supressão de eco acústico, é descrita na Figura 9.

A Figura 9, aqui, mostra um diagrama de bloco de uma abordagem de supressão de eco acústico de acordo com a configuração da presente invenção, onde o filtro de estimativa de eco  $\hat{G}[k, m]$  é aplicado ao espectro do sinal de entrada  $X[k, m]$ .

O aparelho 200 compreende um alto-falante 100 assim como um microfone 110. O sinal do alto-falante  $x[n]$  é suprido a um meio de transformação de tempo/frequência 330-1 na forma de um banco de análise de transformada de Fourier discreta (DFT = transformada de Fourier discreta), que transfere o sinal

para o domínio de frequência. Nesta saída, ele envia o espectro  $X[k,m]$ , que é provido para um meio de atraso 340, por um lado, e um primeiro sub-meio de determinação de valor 230a de um meio de determinação de valor 230, por outro lado. O espectro  $X[k,m]$  pode, aqui, ser de valor real ou, também, de valor complexo.

Correspondentemente, o sinal do microfone  $y[n]$  do microfone 110 é suprido a um segundo meio de transformação de tempo/frequência 330-2, que envia um espectro de valor real correspondente ou um espectro de valor complexo  $Y[k,m]$  em sua saída. Ele é suprido para um segundo sub-meio de determinação de valor 230b do meio de determinação de valor 230, por um lado, e diretamente suprido para um filtro de supressão acústica 210 como um sinal de entrada, por outro lado.

Os dois sub-meios de determinação de valor 230a, 230b, aqui, são formado para gerar um quadrado de magnitude dos respectivos espectros e prover o mesmo para uma unidade 470 executando estimativa do filtro  $\hat{G}[k,m]$  e uma estimativa do valor de atraso  $d(k,m)$ , de acordo com uma configuração da presente invenção. A unidade 470, dessa maneira, assume parcialmente as tarefas e funções dos meios de determinação de valor médio 250, dos meios de modificação 260 e dos meios de computação de valor de atraso 380. Assim, estes são pelo menos parcialmente incluídos nos circuitos correspondentes e elementos da unidade 470. Por esta razão, a unidade 470 é acoplada em uma entrada dos meios de atraso 340 para prover o valor de atraso atual  $d(k,m)$  ( $= d$ ) para os meios de atraso 340. Com relação à determinação do filtro  $\hat{G}[k,m]$ , isto pode, por exemplo, ser implementado de acordo com a equação (18).

Os meios de atraso 340 geram, do espectro  $X[k, m]$  suprido aos mesmos, uma versão atrasada  $X[k - d(k, m) m]$ . Este espectro de alto-falante atrasado, então, é disponibilizado para um filtro de estimativa de eco 480, que é acoplado aos meios de  
5 atraso 340.

Além do mais, o filtro de estimativa de eco 480 é também acoplado à unidade 470, por meio do qual ele obtém o filtro de estimativa de eco real na forma dos coeficientes de filtro associados. O filtro de estimativa de eco 480, dessa maneira,  
10 executa a funcionalidade da equação (24) na configuração mostrada na Figura 8, e, dessa maneira, deve ser entendido como parte dos meios de computação de informações de controle 270.

Com relação à localização de fase do filtro de estimativa de eco  $\hat{G}[k, m]$ , pode ser estimado de espectral, temporal  
15 ou de uma combinação de ambos. Além do mais, existe a possibilidade, obviamente, de determinar a localização de fase de outra maneira, por exemplo, por associação de uma localização de fase fixa com cada um dos coeficientes. Por exemplo, uma fase de  
0° pode, assim, ser associada com cada um dos coeficientes  $\hat{G}[k, m]$ .

20 O filtro de estimativa de eco 480 filtra o sinal de entrada, de modo que o sinal  $\hat{Y}[k, m]$ , que é disponibilizado ao meio de computação para as informações de controle 360 por meio de um sub-meio de determinação de valor 230c adicional de um meio de determinação de valor 230' adicional, é provido em uma saída.  
25 Analogicamente, os espectros de microfone  $Y[k, m]$  enviados pelo segundo meio de transformação de tempo/frequência 330-2 também são providos para um quarto sub-meio de determinação de valor 230d dos

meios de determinação de valor 230', que, por sua vez, também é acoplado aos meios de computação para as informações de controle 360 na saída. Os dois sub-meios de determinação de valor 230c e 230d, por sua vez, são formados para computar o quadrado de magnitude dos espectros disponibilizados aos mesmos. Os meios de determinação de valor adicionais 230' podem, aqui, funcionalmente serem considerados como parte dos meios de computação de informações de controle 270 não mostrados na Figura 8.

Os meios de computação para as informações de controle 360, aqui, também, novamente são formados para computar os coeficientes de supressão de eco  $H[k,m]$  e disponibilizar para o filtro de supressão acústica 210 por meio de uma entrada de controle correspondente.

Conforme já foi explicado anteriormente, visto que a saída do segundo meio de transformação de tempo/frequência 330-2 também é acoplada à entrada do filtro de supressão acústica 210, ela é capaz de computar um espectro com eco suprimido  $E[k,m]$  e disponibilizar o mesmo para um meio de transformação de frequência/tempo 370 a jusante na forma de um banco de filtro de transformada de Fourier discreta inversa. Este meio de transformação de frequência/tempo, que também é referido como um banco de filtro de síntese, provê um sinal de tempo de eco suprimido  $e[n]$  em sua saída.

A configuração mostrada na Figura 8, dessa maneira, permite a estimativa de eco com base no espectro do alto-falante. Conforme mostrado na Figura 8, o atraso e/ou o valor de atraso  $d[k,m]$  e o filtro de estimativa de eco  $\hat{G}[k, m]$  são aplicados ao espectro de alto-falante  $X[k,m]$  para obter uma estimativa do

espectro de eco  $\hat{Y}[k,m]$ . O filtro de supressão de eco  $H[k,m]$ , então, é computado com base na potência ou na magnitude do espectro do espectro estimado  $|\hat{Y}[k,m]|^2$  e o espectro de potência ou magnitude do sinal de microfone  $Y[k,m]$ .

Deve ser indicado aqui que, no caso do filtro de estimativa de eco ser determinado com relação a uma banda crítica, visto que isto ainda será explicado posteriormente, uma interpolação correspondente pode ser executada de modo a obter uma versão do filtro de estimativa de eco residindo no domínio STFT.

A Figura 9 mostra uma configuração adicional da presente invenção na forma de um aparelho 200 juntamente com um filtro de supressão acústica 210, que é também implementado no aparelho 200. Em contraste com a configuração mostrada na Figura 8, aquela mostrada na Figura 9 é baseada em uma abordagem de supressão de eco acústico, onde o filtro de estimativa de eco  $\hat{G}[k,m]$  é aplicado ao espectro de potência do sinal de entrada  $|X[k,m]|^2$ .

Além do mais, as configurações mostradas nas Figuras 9 e 8 diferem com relação a suas características estruturais, mas apenas em uma pequena extensão. Mais especificamente, elas substancialmente diferem com relação ao arranjo dos sub-meios de determinação do valor 230a e 230c. Para simplificar a ilustração, os meios de determinação de valor 230, 230' não são mostrados na Figura 9.

Mais especificamente, o sub-meio de determinação de valor 230a agora é conectado diretamente a jusante do primeiro meio de transformação de tempo/frequência 330-1, de modo que o

espectro de potência do sinal de alto-falante  $X[k,m]$  seja suprido não apenas para a unidade 470, mas também para os meios de atraso 340. Correspondentemente, os meios de atraso 340 também geram uma forma atrasada do espectro de potência, e o filtro de estimativa de eco 480 um curso de frequência de magnitude correspondente de acordo com a equação (24), que é, então, provida diretamente para o meio de computação para as informações de controle 360 sem sub-meio de determinação de valor adicional 230c. Em outras palavras, movendo o sub-meio de determinação de valor 230a "a montante" do meio de atraso 340, a implementação do terceiro sub-meio de determinação de valor 230c pode ser omitida. Similarmente, definição ou determinação direcionada das fases ou localizações de fase do filtro de estimativa de eco  $\hat{G}[k, m]$  pode ser gravada aqui.

Além do mais, as duas configurações da presente invenção mostradas nas Figuras 8 e 9, entretanto, não diferem significativamente entre si. Desvios devido a outros sinais supridos e informação dos meios individuais podem resultar apenas com relação a algumas características funcionais e algumas regras de computação.

A Figura 9, dessa maneira, mostra estimativa de eco com base no espectro de potência do alto-falante ou espectro de magnitude de alto-falante. Isto representa uma abordagem alternativa na qual o valor de atraso  $d(k,m)$  e o filtro de estimativa de eco  $\hat{G}[k, m]$  são aplicados ao espectro de potência ou magnitude  $|X[k, m]|^2$  do sinal do alto-falante para obter uma estimativa para o espectro de potência ou magnitude  $\hat{Y}[k, m]$  do sinal de eco.

Conforme comparado com a abordagem discutida em conexão com a Figura 8, o filtro de supressão de eco  $H[k, m]$ , dessa maneira, novamente é computado com base no espectro de potência ou magnitude da magnitude de eco estimada  $|\hat{Y}[k, m]|^2$  e no espectro de potência ou magnitude do sinal do microfone  $|Y[k, m]|^2$ .

Nas configurações mostrada nas Figuras 8 e 9, os valores de atraso  $d(k, m)$  podem variar, ambos, com relação ao tempo e, também, com relação à frequência atual. Obviamente, os valores de atraso usados nos meios de atraso 340 podem ser escolhidos para serem idênticos aos sinais de passagem de banda individuais e/ou faixas de frequência.

A Figura 10 mostra uma configuração adicional da presente invenção, que é similar à configuração mostrada na Figura 2 com relação a sua estrutura. As configurações mostradas nas Figuras 10 e 2, entretanto, diferem pela configuração mostrada na Figura 10 ser um aparelho 200 para uma variante de canais múltiplos. Estruturalmente falando, as configurações-mostradas-nas Figuras 2 e 10, dessa maneira, diferem apenas ligeiramente, que é porque novamente é feito referência à descrição em conexão com a Figura 2.

Em contraste com as configurações de um aparelho 200 mostrado na Figura 2, entretanto, a configuração 200 mostrada na Figura 10 compreende diversas entradas 240-1, 240-2, ..., que permitem prover o aparelho com diversos sinais de entrada correspondentes do grupo de sinais, conforme definido previamente. Dessa maneira, as entradas 240-1, 240-2, ... das diversas entradas são acopladas a um meio de combinação 490 gerando um sinal único,

combinado dos sinais que entram nas entradas 240, que, então, é disponibilizado aos componentes adicionais do aparelho 200. Mais especificamente, este sinal combinado dos meios de combinação 490 novamente é disponibilizado para um meio de determinação de valor 230, um meio de determinação de valor médio 250, um meio de modificação 260 e um meio de computação de informações de controle 270, que, por sua vez, provê informações de controle correspondente, conforme isto foi descrito acima.

A configuração mostrada na Figura 10 difere ainda daquela mostrada na Figura 2 pelo filtro de supressão acústica 210 incluir agora sub-filtros 210-1, 210-2, ..., que também podem ser supridos com os sinais de entrada providos nas entradas 240 dos meios 200 ou também com outros sinais também providos para o aparelho 200 por meio das entradas adicionais opcionais 280-1, 280-2, ..., dependendo da implementação concreta da configuração correspondente. Em outras palavras, dependendo da implementação concreta, cada sub-filtro único 210-1, 210-2 do filtro de supressão acústica 210 pode ser provido com um sinal disponibilizado nas entradas 240-1, 240-2, ... ou um outro sinal opcional. Este sinal poderia ser provido para os filtros 210-1, 210-2 por meio de uma entrada opcional correspondente 280-1, 280-2, ...

As informações de controle dos meios de computação de informações de controle 270, entretanto, é disponibilizada para todos os sub-filtros 210-1, 210-2, ... do filtro de supressão acústica 210 em paralelo. Assim, todos os sub-filtros 210 são acoplados à saída dos meios de computação das informações de controle 270 correspondentemente. Os sub-filtros individuais 210-1, 210-2, ... provêm os sinais de saída de eco

reduzido nas saídas correspondentes 290-1, 290-2, .. às quais os mesmos são acoplados.

Embora as configurações da presente invenção tenham previamente sido discutidas apenas para um caso de canal único, onde apenas um sinal de alto-falante e um sinal de microfone estão disponíveis, o caso de canais múltiplos, agora também é considerado. Como será descrito a seguir, configurações da presente invenção não estão limitadas ao caso de canal único, mas podem também ser aplicadas a sistemas de supressão de eco de canais múltiplos acústicos analogamente.

Deixemos que  $X_1[k, m]$  denote as representações de domínio STFT de um sinal de alto-falante 1-ésimo, um espectro de potência unido para todos os canais de alto-falante, primeiramente é computado por meio dos meios de combinação 490 pela combinação dos espectros dos sinais de alto-falante individuais de acordo com

$$|X[k, m]|^2 = \sum_{l=0}^{L-1} |X_l[k, m]|^2. \quad (25)$$

Aqui,  $L$  denota o número de canais de alto-falante, e  $l$  é índice dos canais variando de 0 a  $L-1$ . Entretanto, isto é um inteiro não negativo.

Analogicamente, um espectro de potência unido para os canais de microfone é computado de acordo com

$$|Y[k, m]|^2 = \sum_{p=0}^{P-1} |Y_p[k, m]|^2, \quad (26)$$

onde  $Y_p[k, m]$  denota um sinal de um microfone  $p$ -ésimo, e  $P$  como um número natural representa o número de microfones. O índice  $p$  denota os sinais de microfone individuais e varia de 0 a  $P-1$ . Os índices  $l$  e  $p$ , como o índice  $m$  previamente

descrito, cada um está na faixa de valor de 0 a L-1, P-1 e M-1, respectivamente.

Combinações, como por exemplo, contidas nas equações (25) e (26), podem ser implementadas pelos meios de combinação correspondentes, também usando outras regras de computação ou determinação. Se existe uma divisão pelos parâmetros L e P nas equações (25) e (26), respectivamente, ela é uma média aritmética, por exemplo. Por esta razão, os meios de combinação parcialmente também são referidos como meios para média.

O modelo desejado para os espectros de potência para os ecos é provido analogicamente à equação (7) por

$$|Y[k, m]|^2 \approx |G[k, m]|^2 \cdot |X_d[k, m]|^2 + |W[k, m]|^2 \quad , \quad (27)$$

onde os espectros de potência  $|X[k, m]|^2$  e  $|Y[k, m]|^2$  são providos pela equação (25) e (26) no caso de canais múltiplos. Obviamente, também sinais correspondentemente atrasados no tempo são gerados aqui, conforme descrito acima.

Para determinar os ~~filtros de estimativa de eco~~  $|G[k, m]|^2$ , conforme descrito anteriormente, uma abordagem correspondente é usada, na qual os espectros de alto-falante unido e microfone unido são usados, entretanto, conforme eles são definidos acima. O mesmo também se aplica para a estimativa dos valores de atraso d, que são computados para os espectros de potência unidos dos canais de alto-falante, cada um.

A supressão de eco real, então, é executada separadamente para cada sinal de microfone, mas pelo uso dos mesmos filtros de supressão de eco para cada um dos canais de microfone. Assim,

$$E_p[k, m] = H[k, m] \cdot Y_p[k, m] \quad (28)$$

se aplica, com  $p = 0, 1, \dots, P - 1$ .

Correspondentemente, conforme descrito em conexão com a Figura 10, um sinal de eco reduzido correspondente foi, primeiramente, determinado no domínio de frequência  $E_p[k, m]$  para cada um dos sinais de microfone, cujo sinal pode, então, ser transferido para o domínio de tempo.

Na configuração mostrada na Figura 10, obviamente, números diferentes de sinais providos nas entradas 240 e sinais providos nas entradas 280 podem ser usados. Faz sentido apenas implementar um sub-filtro de supressão acústica separado correspondente 210 para cada um dos sinais a ser processado, a menos que computação paralela e processamento adicional dos canais sejam desejados.

Obviamente, configurações da presente invenção podem também serem combinadas de modo que apenas um sinal de microfone seja combinado com diversos sinais de alto-falante, de modo que os componentes adicionais sejam implementados apenas com relação aos sinais de alto-falante. Analogicamente, é possível também utilizar uma implementação na qual apenas um sinal de alto-falante faceie diversos sinais de microfone. Embora a primeira situação possa ser encontrada em sistemas de telefone "hands-free" para automóveis, por exemplo, nos quais a voz da outra extremidade é enviada por meio do sistema HiFi do veículo, o segundo cenário é possível no caso de um sistema de conferência com um alto-falante central único e um microfone para cada parte. Os números dos sinais de alto-falante e dos sinais de microfone podem, aqui, obviamente serem idênticos ou diferentes entre si.

Antes da resolução de frequência das configurações respectivas da presente invenção serem explicadas e alternativas serem discutidas em conexão com as Figuras 12 e 13, uma configuração de um filtro 500 será primeiramente descrita em conexão com a Figura 11, que também ilustra que os meios individuais também são adaptáveis de forma flexível com relação a seu conjunto de circuitos e implementação de processo.

O filtro de supressão acústica 500, conforme mostrado na Figura 11, aqui, grandemente corresponde ao aparelho 200 mostrado na Figura 2 em conexão com o filtro de supressão acústica 210. Dessa maneira, o filtro de supressão acústica 500 na Figura 11 também compreende uma entrada 240 tendo um meio de computação 510 muito similar aos meios de computação 220. Por meio de uma entrada 240, um sinal do grupo previamente descrito de sinais é suprido para um meio de determinação de valor 230, que é parte dos meios de computação 510. Uma saída dos meios de determinação de valor 230 é acoplada a um meio de determinação de valor médio 250 por um lado, e a um meio de modificação 260 por outro lado. Uma saída dos meios de determinação de valor médio 250 também é acoplada aos meios de modificação 260. Com relação a isto, a descrição estrutural e as conexões funcionais do filtro de supressão acústica 500 não são diferentes daqueles do aparelho 200 até este ponto no tempo.

Entretanto, uma saída dos meios de modificação 260 agora está acoplada a uma entrada de um meio de filtro de supressão acústica 520, que corresponde ao filtro de supressão acústica 210 com relação a sua funcionalidade. Em contraste com o filtro de supressão acústica 210 da Figura 2, a unidade de filtro

de supressão acústica 520, entretanto, também é diretamente acoplada à entrada 240 ou uma entrada adicional opcional 280 ao filtro um (SIC) dos sinais respectivos com base nos valores modificados relacionados à potência recebidos dos meios de modificação 260. Correspondentemente, o meio de filtro de supressão acústica 520 é acoplado a uma saída 290 na qual o sinal de eco reduzido pode ser enviado.

A configuração de um filtro de supressão acústica 500 mostrado na Figura 11, assim difere de uma configuração de um aparelho 200, conforme mostrado na Figura 2, por exemplo, pelo fato de partes da funcionalidade do aparelho 200 serem incluídas no filtro de supressão acústica real e/ou no meio de filtro de supressão acústica 520. Em outras palavras, isto significa que o meio de filtro de supressão acústica 520 inclui a funcionalidade dos meios de computação de informações de controle 270 mostrados na Figura 2. Conforme já explicado anteriormente, amolecimento funcional e/ou estrutural com relação aos blocos previamente descritos pode ocorrer aqui.

Com relação à resolução de frequência, pode também ser aconselhável se afastar da resolução espectral por uma unidade STFT. A resolução espectral uniforme de um STFT frequentemente não está bem adaptada à percepção humana. Portanto, pode ser vantajoso agrupar os coeficientes espectrais uniformemente separados  $|X[k, m]|^2$  e  $|Y[k, m]|^2$  em um número de partições ou grupos não sobrepostos, como isto é ilustrado na referência (8), onde as larguras de banda imitam a resolução de frequência do sistema auditivo humano. Com relação a isto, é feito também referência à referência (9).

Para uma taxa de amostragem de 16 kHz, o uso de um banco de filtro DFT do comprimento de 512 e o uso de 15 partições pode representar uma escolha adequada, onde cada partição tem uma largura de banda de aproximadamente duas vezes a largura de banda retangular equivalente (ERB), conforme descrito na referência [9]. As bandas correspondem às posições, conforme isto é ilustrado na Figura 12.

Assim, a Figura 12 mostra como os coeficientes espectrais de um espectro STFT uniforme podem ser agrupados em partições imitando a resolução de frequência não uniforme do sistema auditivo humano. Assim, a Figura 12 mostra, como uma função da frequência entre 0 Hz e 8000 Hz, um arranjo de um total de 15 a 16 bandas de frequência acessíveis por meio de um meio de amostragem operando a 16 kHz. A Figura 12 claramente mostra como as partições de frequência correspondentes se tornam mais amplas com o aumento da frequência.

Os filtros de ganho diferentes são computados apenas para as frequências centrais de cada partição. Isto adicionalmente conduz a menos complexidade de computação se comparado com o caso de resolução espectral completo de um espectro STFT uniforme. Antes de aplicar o último filtro de ganho de partição ao sinal de uniforme do espectro STFT, o espectro correspondente é interpolado usando filtros de interpolação Hann.

A Figura 13a, dessa maneira, mostra filtros de interpolação de Hann de potencial que podem ser usados para suavizar os filtros de ganho como uma função da frequência. A Figura 13b mostra coeficientes de filtro de ganho correspondentes na forma de uma linha sólida 600, que pode ser adquirida pela

interpolação dos valores para os filtros de ganho nas partições, representada pelos pontos em negrito na Figura 13b. Aqui, o eixo de frequência ilustrado na Figura 13b na abscissa também se refere à ilustração representada na Figura 13a.

5                   Em outras palavras, a imagem parcial 13a ilustra os filtros de Hann, e a imagem parcial 13b mostra um exemplo de valores de filtro de ganho antes e após a aplicação de uma interpolação correspondente. Os valores anteriores aqui são representados por pontos, e a interpolação por uma linha 600. A  
10                   média de frequência dos filtros de ganho conduz à média das variações do espectro resultante como uma função da frequência e, assim, reduz ruído tonal, musical e outros artefatos.

Dependendo da implementação concreta, configurações da presente invenção podem, aqui, compreender o  
15                   recebimento de pelo menos um sinal de alto-falante, recebendo pelo menos um sinal de microfone, convertendo os sinais de alto-falante e sinais de microfone em espectros de curta duração, computando espectros de potência de sinal de alto-falante e microfone,  
filtrando os espectros de potência de alto-falante e microfone  
20                   para obter os espectros de flutuação de tempo correspondentes, computando um filtro de estimativa de eco para estimar espectros de flutuação de tempo de microfone do espectro de flutuação de tempo do alto-falante, usando um filtro de supressão de eco para remover o eco no espectro de sinal de microfone, e convertendo o  
25                   espectro de sinal de microfone com eco suprimido de volta para o domínio de tempo para obter um sinal de saída de eco removido.

Neste ponto, novamente faz sentido indicar que os sinais de passagem de banda nas configurações da presente invenção

podem, por exemplo, serem feitos por uma transformada de Fourier, uma transformada no domínio de sub-banda ou por uma transformada no domínio QMF por bancos de filtro de análise correspondentes. Uma retro-transformação correspondente é possível por bancos de  
5 filtros de síntese correspondentes.

Similarmente, faz sentido indicar que aparelhos diferentes podem ser formados, completa ou parcialmente, pelos mesmos conjuntos de circuitos, circuitos e objetos. Similarmente, faz sentido mencionar que os sinais de microfone e os sinais de  
10 alto-falante geralmente são sinais diferentes. Neste ponto, deve ser indicado novamente que os resultados intermediários obtidos nas configurações descritas acima não têm, necessariamente, que ser gerados como tais. Ao invés disso, configurações da presente invenção podem também serem implementadas usando conversões  
15 matemáticas nas quais outros resultados intermediários ou nenhum resultado intermediário pode ser diretamente acessível. Similarmente, é possível computar os valores relacionados à potência com base em um sinal derivado no caso de uma  
implementação de canais múltiplos, mas com computação adicional  
20 sendo baseada nos sinais individuais.

Deve também ser indicado que as configurações estruturais descritas acima na forma de aparelhos e sistemas podem, também, ser compreendidos como fluxogramas representando etapas de computação individuais, etapas de métodos e outras  
25 etapas. Com relação a isto, descrição separada de métodos e aparelhos não é necessária neste ponto.

Na presente descrição, substancialmente, sinais de áudio codificados eletricamente e digitalmente foram

considerados previamente, onde também valores de atraso são computados em um sistema de cancelamento de eco para aplicar os mesmos ao sinal de alto-falante e/ou um sinal derivado do mesmo. Conforme já explicado no início, entretanto, existe também uma  
5 necessidade em outros circuitos de processamento de sinal para determinar um valor de atraso correspondente para outros sinais e, talvez, atrasando um sinal por este valor de atraso.

Circuitos de compensação e aparelhos de compensação nos quais diferentes sinais devem ser adaptados uns  
10 aos outros com relação a seus tempos de operação, localização de fases ou outros parâmetros, devem ser mencionados aqui como campos possíveis de aplicação. Além dos sinais de áudio codificados eletricamente e digitalmente já mencionados, também outros sinais codificados eletricamente e digitalmente podem estar em  
15 necessidade de um atraso correspondente. O mesmo também se aplica a sinais analógicos elétricos, sinais óticos analógicos e sinais codificados óticamente digitalmente. Dependendo da implementação concreta, a informação correspondente pode, aqui, ser codificada  
em valores de voltagem, em valores de corrente, em valores de  
20 frequência, em valores de fase, em valores de intensidade ou em outras quantidades de sinais elétricos ou óticos. Além dos sinais de áudio já mencionados, por exemplo, sinais de vídeo, sinais de dados gerais, mas também sinais de sincronização e outros sinais podem estar em necessidade de um atraso correspondente.

25 Apesar da multiplicidade de várias implementações, configurações da presente invenção na forma de um aparelho para determinar um valor de atraso primariamente com base em sinais elétricos codificados digitalmente será descrito

adicionalmente, onde variações correspondentes das configurações para os campos de aplicação mencionados serão explicadas e descritas subsequentemente.

A Figura 14 mostra um aparelho 700 para computar um valor de atraso  $d$  para um meio de atraso 710. O meio de atraso 710 aqui é, ele próprio, um componente opcional para o aparelho 700 e desenhado em linhas tracejadas na Figura 14.

O aparelho 700 aqui compreende uma primeira entrada 720-1 e uma segunda entrada 720-2 para um primeiro e um segundo sinal. Conforme explicado anteriormente, estes sinais podem ser sinais de áudio codificados eletricamente digitalmente, mas também outros sinais correspondentes. O meio de atraso 710 aqui é acoplado, no lado da entrada, à primeira entrada 720-1 para o primeiro sinal. No lado da saída, o meio de atraso 710 é acoplado a uma saída 730 do aparelho 700 no qual o primeiro sinal é enviado na forma atrasada. Além do mais, o meio de atraso 710 compreende uma entrada 710a, na qual um sinal compreendendo informação com relação a um valor de atraso pelo qual o primeiro sinal tem que ser atrasado entre a entrada 720-1 e a saída 730, é provido. Correspondentemente, o meio de atraso 710 é formado para atrasar o primeiro sinal entrando correspondentemente por este valor de atraso.

O aparelho 700 compreende ainda um meio de conversão de tempo/frequência opcional 740 acoplado a ambas as entradas 720. Ele é acoplado, em uma primeira e uma segunda saída, a um meio de determinação de valor 750, que, por sua vez, é acoplado a um meio de determinação de valor médio 760 e um meio de modificação 770 cada, por meio de uma saída para um sinal baseado

no primeiro sinal e um sinal baseado no segundo sinal. O meio de modificação 770 compreende ainda duas entradas adicionais, com as quais ele é acoplado ao meio de determinação de valor médio 760 e suas duas saídas para sinais com relação ao primeiro sinal e ao  
5 segundo sinal.

Na configuração de um aparelho 700 mostrado na Figura 14, o meio de modificação 770 também compreende duas saídas correspondentes acopladas a um meio de computação de valor de atraso 780. Isto, por sua vez, compreende uma saída acoplada à  
10 entrada de controle 710a do meio de atraso 710.

Conforme descrito em conexão com as configurações descritas acima de um aparelho 200 para computar informações de controle e um filtro de supressão acústica 500, os meios descritos podem ser parte de um meio de computação 790, que pode, por  
15 exemplo, ser implementado na forma de um processador. Opcionalmente, é também possível que componentes individuais, por exemplo, o meio de atraso 710, não sejam partes deste meio de computação 790.

Com relação a sua funcionalidade, os meios  
20 individuais correspondem aos meios já descritos anteriormente. Dessa maneira, por exemplo, o meio de conversão de tempo/frequência 740 é formado para converter um bloco de dados de cada um dentre o primeiro e segundo sinais em representações espectrais correspondentes, que, então, podem ser processadas  
25 adicionalmente no aparelho adicional. Mais especificamente, o meio de conversão de tempo/frequência 740, aqui, envia um ou mais sinais de passagem de banda para cada um dos dois sinais, cada um tendo associado uma ou mais frequências características. Os sinais

de passagem de banda, aqui, estão associados com um domínio relacionado à frequência, que pode novamente ser o domínio de frequência real, um domínio de sub-banda ou o domínio QMF, para citar apenas três exemplos.

5                   Com relação a sua funcionalidade, o meio de determinação de valor 750 corresponde ao meio de determinação de valor 230, de modo que referência pode ser feita às configurações anteriores aqui com relação a isto. Em contraste com o meio de computação de valor 230 em sua forma mais geral e simples, o meio  
10 de determinação de valor 750 da configuração de um aparelho 700 mostrada na Figura 14, entretanto, é formado para computar, para ambos os sinais, pelo menos um valor determinado relacionado à potência com um sinal de passagem de banda. Em configurações adicionais da presente invenção, é adicionalmente formado para  
15 computar diversos valores relacionados à potência ou correspondente a eles para todos os sinais de passagem de banda, isto é, por exemplo, valores de potência ou também valores de magnitude dos sinais de passagem de banda correspondentes. Os  
vários sinais de passagem de banda aqui, por sua vez, estão  
20 associados com diferentes frequências características, onde tipicamente sinais de passagem de banda correspondendo as mesmas frequências características são considerados para os dois sinais neste caso.

                  Com relação a sua funcionalidade, o meio de  
25 determinação de valor médio 760 corresponde ao meio de determinação de valor médio 250 a partir das configurações previamente descritas, onde novamente determina os valores médios correspondentes para ambos os sinais. Por esta razão, referência

pode, novamente neste ponto, ser feita à descrição com relação ao meio de determinação de valor médio 250.

O mesmo, igualmente se aplica ao meio de modificação 770, que corresponde ao meio de modificação 260 das configurações anteriores, onde ele também executa a modificação correspondente para ambos os sinais.

Finalmente, o meio de computação de valor de atraso 780 corresponde ao meio de computação de valor de atraso 380 e à unidade 470 com relação aos valores de computação do valor de atraso  $d[k,m]$ . Por esta razão, com relação à descrição, também é feito referência às passagens de descrição com relação a estes meios e unidades.

Em outras palavras, nas configurações da presente invenção, o meio de computação de valor de atraso 780 pode, por exemplo, ser formado de modo a executar as funções descritas nas equações (8) a (10). Correspondentemente, nas configurações da presente invenção, os meios de modificação 770 podem ser formados correspondentemente de modo a ~~implementar as funções descritas~~ pelas equações (13) e (14). O meio de computação de valor médio 760, dessa maneira, pode também basicamente ser entendido como a implementação das funções definidas pelas equações (15) a (17). O meio de determinação de valor 750 finalmente pode ser compreendido como um meio de computação, com relação aos valores entrando dos sinais correspondentes, os valores relacionados à potência já explicados para estes em conexão com a Figura 2.

Com relação a sua funcionalidade, o meio de atraso 710 não é menos correspondente aos meios de atraso 340, assim como outros componentes, tais como a unidade de conversão de

tempo/frequência 330-1 da Figura 7, que também implementa uma funcionalidade correspondente. Similarmente, os meios de computação 790 e 220 podem corresponder um ao outro. O mesmo também se aplica às entradas 720 e às saídas 730 com relação às entradas descritas acima 240, 280 e saídas 290.

Conforme mostrado nesta discussão, muitos dos aparelhos e filtros de supressão acústica mostrados nas Figuras 1 a 13 também são configurações da presente invenção na forma de um aparelho 700, mesmo se estes não forem designados como tal por uma razão de simplicidade.

Conforme já mencionado anteriormente, configurações da presente invenção na forma de um aparelho 700, conforme é mostrado na Figura 14, por exemplo, podem conduzir a uma adaptação mais rápida e talvez melhorada de um valor de atraso do primeiro sinal com relação ao segundo sinal. Isto pode, por exemplo, ser altamente vantajoso em problemas de compensação de tempo de operação nos quais as diferenças correspondentes não são constantes no tempo. Isto é atingido ~~não apenas por proporções de~~ ruído e outras contribuições fixas, de ruído no domínio relacionado à frequência com relação aos valores relacionados à potência, ocorrendo como valores constantes na forma de desvios estimados sistemáticos que podem ser determinados por média correspondente. Estes valores podem, então, serem considerados adicionalmente nos meios de modificação 770.

Conforme já mostrado, também, na Figura 14, os valores de atraso assim determinados podem, por exemplo, serem empregados para atrasar os sinais correspondentes. Além da compensação de tempo de operação já mencionada várias vezes,

circuitos de atraso correspondentes podem também serem empregados em sistemas de remoção de eco e outros circuitos de sincronização.

Além do mais, é também possível implementar um aparelho 700 como uma variante de canais múltiplos em 5 configurações da presente invenção. Neste caso, esta variante de canais múltiplos de um aparelho 700 compreende diversas entradas 720-1 para o primeiro sinal, diversas entradas 720-2 para o segundo sinal, ou ambos, onde os números das entradas para o primeiro e segundo sinais no último caso podem ser idênticos com 10 ou também independentes entre si.

Neste aparelho 700, dependendo do tipo dos primeiro e segundo sinais correspondentes, um sub-meio de transformação de tempo/frequência opcional pode ser implementado para um sinal cada no meio de transformação de tempo/frequência 15 740, de modo a executar uma transformação no domínio de frequência. Um meio de combinação combinando os primeiro sinais entrando e os segundos sinais entrando pode ser conectado entre o meio de transformação de tempo/frequência 740 e o meio de determinação de valor 750 e/ou das entradas anexas 720 e do meio 20 de determinação de valor 750, conforme já foi descrito em conexão com os meios de combinação 490 anteriormente. O processamento adicional dos sinais, então, ocorre conforme descrito acima.

Esta variante de canais múltiplos de um aparelho 700 adicionalmente inclui um número de meios de atraso 710, 25 tipicamente correspondendo ao número de entradas 720-1 para os primeiros sinais. Estes são acoplados, em suas entradas de controle por meio das quais eles obtêm os valores de atraso, em paralelo aos meios de computação de valor de atraso 780, de modo

que cada um destes obtém o mesmo valor ou valores de atraso.

Obviamente, a computação dos valores de atraso para cada sinal de passagem de banda com sua frequência característica pode também ser feita individualmente aqui, para diversos sinais de passagem de banda, ou para todos os sinais de passagem de banda, visto que isto já foi também descrito acima. Obviamente, isto pode também ser implementado no caso do aparelho 700, visto que isto é mostrado na Figura 14, isto é, em uma implementação não habilitada para canais múltiplos.

Dependendo das condições, configurações da presente invenção podem ser implementadas na forma de métodos em hardware ou em software. A implementação pode ser em um meio de armazenagem digital, por exemplo, um disquete, um CD, um DVD, ou outro meio de armazenagem legível por computador com sinais de controle legíveis eletronicamente capazes de cooperar com um sistema de computador programável ou processador, de modo que um método de acordo com uma configuração da presente invenção é executado. No geral, configurações da presente invenção, dessa maneira, também consistem em um produto de programa de software e/ou um produto de programa de computador e/ou um produto de programa com código de programa armazenado em um transportador legível por máquina para executar uma configuração de um método, quando o produto de programa de software é executado em um computador ou processador. Em outras palavras, uma configuração da presente invenção, pode, dessa maneira, ser realizada como um programa de computador e/ou programa de software e/ou programa com código de programa para executar uma configuração de um método, quando o programa é executado em um processador. Um processador

pode, aqui, ser formado por um computador, um cartão de chip ("smart card"), um circuito integrado específico à aplicação (ASIC), um sistema no chip (SOC) ou outro circuito integrado (IC)

#### REFERÊNCIAS

- 5 [1] C. Breining, P. Dreiseitel, E. Hänsler, A. Mader, B. Nitsch, H. Puder, T. Schertler, G. Schmidt, and J. Tilp. Acoustic echo control. IEEE Signal Processing Magazine, 16(4): 42 - 69, July 1999.
- 10 [2] A. N. Birkett and R. A. Goubran. Limitations of handsfree acoustic echo cancelers due to nonlinear loudspeaker distortion and enclosure vibration effects. In Proc. IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, pages 13 - 16, New Paltz, Oct. 1995.
- 15 [3] G. Schmidt and E. Hänsler. Acoustic echo and noise control: a practical approach. Hoboken: Wiley, 2004.
- 20 [4] W. L. B. Jeannes, P. Scalart, G. Faucon, and C. Beaugeant. Combined noise and echo reduction in hands-free systems: a survey. IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, 9(8): 808 - 820, Nov. 2001.
- 25 [5] C. Faller and J. Chen. Suppressing acoustic echo in a sampled auditory envelope space. IEEE Trans. on Speech and Audio Proc., 13(5): 1048 - 1062, Sept. 2005.
- [6] C. Faller and C. Tournery. Estimating the

delay and coloration effect of the acoustic echo path for low complexity echo suppression. In Proc. Intl. Works. on Acoust. Echo and Noise Control (IWAENC), Sept. 2005.

[7] W. Etter and G. S. Moschytz. Noise reduction by noise-adaptive spectral magnitude expansion. J. Audio Eng. Soc., 42: 341 - 349, May 1994.

[8] C. Fallner and F. Baumgarte. Binaural Cue Coding - Part II: Schemes and applications. IEEE Trans. on Speech and Audio Proc., 11(6): 520 - 531, Nov. 2003.

[9] B. R. Glasberg and B. C. J. Moore. Derivation of auditory filter shapes from notched-noise data. Hear

## APÊNDICE A

### "FILTRO DE ESTIMATIVA DE ECO COM DESVIO ESTIMADO

#### 15 SISTEMÁTICO"

A seguir, será mostrado que a equação (11) proposta na Referência [6] leva a uma ~~estimativa de alteração de~~ ponto zero do filtro de estimativa de eco  $|G[k, m]|^2$ . Será mostrado que essa alteração de ponto zero ocorre devido ao efeito do ruído fixo  $w[n]$  no sinal de microfone.

Primeiramente,

$$\begin{aligned} E\{Y[k, m]^2 | X_d[k, m]^2\} &= E\{G[k, m]^2 | X_d[k, m]^2 + |W[k, m]|^2 | X_d[k, m]^2\} \\ &= |G[k, m]|^2 E\{X_d[k, m]^4\} + \sigma_w^2[k, m] E\{X_d[k, m]^2\} \end{aligned}$$

onde  $\sigma_w^2[k, m] = E\{W[k, m]^2\}$  é a variância do ruído fixo  $w[n]$  dentro da banda de frequência com o índice  $m$ . Além disso,

$$E\{X_d[k, m]^2 | X_d[k, m]^2\} = E\{X_d[k, m]^4\}.$$

O filtro de estimativa de eco de acordo com a equação (11) resulta então em

$$\begin{aligned} |\hat{G}_{\text{biased}}[k, m]|^2 &= \frac{E\{Y[k, m]^2 | X_d[k, m]^2\}}{E\{X_d[k, m]^2 | X_d[k, m]^2\}} \\ &= |G[k, m]|^2 + \frac{\sigma_w^2[k, m]}{E\{X_d[k, m]^2\}} \end{aligned} \quad (29)$$

Como pode ser visto, o sinal de ruído fixo  $w[n]$  introduz um termo de ponto zero na estimativa do filtro de estimativa de eco. Além disso, a equação (29) implica que a alteração de ponto zero no filtro de estimativa de eco fica maior conforme o aumento da variância de ruído..

## APÊNDICE B

### "FILTRO DE ESTIMATIVA DE ECO SEM DESVIO ESTIMADO SISTEMÁTICO"

No método proposto na presente descrição, com o intuito de se livrar da alteração de ponto zero introduzida na estimativa do filtro de estimativa de eco, a estimativa é computada com o auxílio da estatística central centralizada  $|Y[k, m]|^2$  e  $|X_d[k, m]|^2$ . Analogamente ao procedimento no Apêndice A, o método aqui proposto leva à seguinte expressão:

$$\begin{aligned} &E\{\tilde{Y}[k, m]\tilde{X}_d[k, m]\} \\ &= E\{(|Y[k, m]|^2 - E\{|Y[k, m]|^2\})(|X_d[k, m]|^2 - E\{|X_d[k, m]|^2\})\} \\ &= E\{(|G[k, m]|^2 |X_d[k, m]|^2 + |W[k, m]|^2 - E\{|Y[k, m]|^2\})(|X_d[k, m]|^2 - E\{|X_d[k, m]|^2\})\} \\ &= E\{(|G[k, m]|^2 |X_d[k, m]|^4 - |G[k, m]|^2 |X_d[k, m]|^2 E\{|X_d[k, m]|^2\} + |W[k, m]|^2 |X_d[k, m]|^2 \\ &\quad - |W[k, m]|^2 E\{|X_d[k, m]|^2\} - E\{|Y[k, m]|^2\} E\{|X_d[k, m]|^2\})\} \\ &= E\{(|G[k, m]|^2 |X_d[k, m]|^4 - |G[k, m]|^2 |X_d[k, m]|^2 E\{|X_d[k, m]|^2\})\} \\ &= |G[k, m]|^2 (E\{|X_d[k, m]|^4\} - (E\{|X_d[k, m]|^2\})^2) \end{aligned}$$

Além disso,

$$\begin{aligned} E\{\tilde{X}_d[k, m]\tilde{X}_d[k, m]\} &= E\left\{\left(X_d[k, m]^2 - E\{X_d[k, m]^2\}\right)^2\right\} \\ &= E\{X_d[k, m]^4\} - \left(E\{X_d[k, m]^2\}\right)^2 \end{aligned}$$

O filtro de estimativa de eco de acordo com a equação (18) resulta então em

$$\begin{aligned} |\hat{G}[k, m]|^2 &= \frac{E\{\tilde{Y}[k, m]\tilde{X}_d[k, m]\}}{E\{\tilde{X}_d[k, m]\tilde{X}_d[k, m]\}} \\ &= |G[k, m]|^2 \end{aligned}$$

Assim, pode ser visto que a equação (18) leva a uma estimativa correta da função de transferência de potência de eco no caso de um ruído fixo de fundo no lado próximo, que está contido no sinal de microfone.

10

#### LISTA DOS NÚMEROS DE REFERÊNCIA

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| 100 | alto-falante                       |
| 110 | microfone                          |
| 120 | ambiente acústico                  |
| 130 | sinal de alto-falante              |
| 140 | <del>sinal de microfone</del>      |
| 150 | caminho de transmissão direta      |
| 160 | caminho de transmissão indireta    |
| 170 | circuito de processo de remoção de |

eco

20

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| 200 | equipamento                         |
| 210 | filtro de supressão acústica        |
| 220 | meio de computação                  |
| 230 | meio de determinação de valor       |
| 240 | entrada                             |
| 250 | meio de determinação de valor médio |

25

|                  |     |                                           |
|------------------|-----|-------------------------------------------|
|                  | 260 | meio de modificação                       |
|                  | 270 | meio de computação de informações de      |
| controle         |     |                                           |
|                  | 280 | entrada adicional                         |
| 5                | 290 | saída                                     |
|                  | 300 | unidade                                   |
|                  | 310 | meios de estimativa                       |
|                  | 320 | filtro de estimativa de eco               |
|                  | 325 | circuito de processo de supressão de eco  |
| 10               | 330 | meio de transformação de                  |
| tempo/frequência |     |                                           |
|                  | 340 | meio de retardo                           |
|                  | 350 | meios de estimativa                       |
|                  | 360 | meio de computação para informações       |
| 15 de controle.  |     |                                           |
|                  | 370 | meio de transformação de                  |
| frequência/tempo |     |                                           |
|                  | 380 | <del>meio de computação do valor de</del> |
| retardo          |     |                                           |
| 20               | 390 | entrada                                   |
|                  | 400 | função de coerência meio de               |
| computação       |     |                                           |
|                  | 410 | meio de computação de ganho de            |
| predição de eco  |     |                                           |
| 25               | 420 | meio de otimização                        |
|                  | 430 | espectro de potência de curta duração     |
|                  | 440 | espectro de potência de curta duração     |
| média            |     |                                           |

|    |     |                                       |
|----|-----|---------------------------------------|
|    | 450 | braço                                 |
|    | 460 | seta                                  |
|    | 470 | unidade                               |
|    | 480 | filtro de estimativa de eco           |
| 5  | 490 | meio de combinação                    |
|    | 500 | filtro de supressão acústica          |
|    | 510 | meio de computação                    |
|    | 520 | filtro de supressão acústica          |
|    | 600 | linha                                 |
| 10 | 700 | equipamento                           |
|    | 710 | meio de retardo                       |
|    | 720 | entrada                               |
|    | 730 | saída                                 |
|    | 740 | meio de conversão de tempo/frequência |
| 15 | 750 | meio de determinação de valor         |
|    | 760 | meio de determinação de valor médio   |
|    | 770 | meio de modificação                   |
|    | 780 | meio de computação do valor de        |
|    |     | retardo                               |
| 20 | 790 | meio de computação                    |

**REIVINDICAÇÕES**

1. Equipamento (200) para a computação de informações de controle para um filtro de supressão (210) para filtrar um primeiro sinal de áudio para a supressão de um eco que se baseia em um segundo sinal de áudio, **caracterizado** pelo fato de que compreendendo: um meio de computação (220) compreendendo um meio de determinação de valor (230) para a determinação de pelo menos um valor relacionado à potência para um sinal de passagem de banda de pelo menos dois blocos de dados temporalmente sucessivos de pelo menos um sinal de um grupo de sinais, o grupo de sinais incluindo o primeiro sinal de áudio, o segundo sinal de áudio e um sinal derivado do primeiro sinal de áudio ou do segundo sinal de áudio; em que o meio de computação (220) inclui ainda um meio de determinação de valor médio (250) para a determinação de pelo menos um valor médio do pelo menos um valor determinado relacionado à potência para o sinal de passagem de banda; onde o meio de computação (220) inclui ainda um meio de modificação (260) para a modificação do pelo menos um valor relacionado à potência para o sinal de passagem de banda com base no valor médio determinado para o sinal de passagem de banda; onde o meio de computação (220) inclui ainda um meio de computação de informações de controle (270) para a computação das informações de controle do filtro de supressão (210) com base no pelo menos um valor modificado relacionado à potência para o sinal de passagem de banda; e onde o meio de determinação de valor (230) seja formado de modo que o valor relacionado à potência seja proporcional a uma potência de um valor do sinal de passagem de banda com um expoente de número inteiro positivo, ou onde o meio de determinação de

valor (230) é formado de modo que o valor relacionado à potência seja proporcional a uma potência de uma magnitude do valor do sinal de passagem de banda com um número real positivo como expoente da potência.

2. Equipamento (200), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o meio de determinação de valor (230) é formado para utilizar um valor de potência ou um valor proporcional a um valor de potência como valor relacionado à potência.

3. Equipamento (200), de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o meio de modificação (260) é formado para modificar do pelo menos um valor relacionado à potência com base em uma subtração do valor médio determinado para o respectivo sinal de passagem de banda.

4. Equipamento (200), de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o meio de computação (220) compreende ainda um meio de retardo (340) para pelo menos um dos sinais do grupo de sinais ou para pelo menos um valor relacionado à potência de um sinal de passagem de banda de um sinal do grupo de sinais, onde o meio de retardo (340) é formado para retardar o respectivo sinal ou o respectivo valor relacionado à potência por um valor de retardo.

5. Equipamento (200), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que o meio de retardo (340) é formado de modo que o valor de retardo seja baseado em um valor máximo de uma função de coerência, onde a função de coerência é baseada em pelo menos um valor modificado relacionado à potência.

6. Equipamento (200), de acordo com uma das reivindicações de 4 a 5, **caracterizado** pelo fato de que o meio de retardo (340) é formado de modo que os valores de retardo para diferentes sinais de passagem de banda com relação a diferentes frequências características sejam independentes entre si.

7. Equipamento (200), de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o equipamento (200) é formado de modo que o primeiro sinal de áudio seja um sinal de alto-falante e o segundo sinal de áudio seja um sinal de microfone.

8. Filtro de supressão (500) para filtrar um segundo sinal de áudio para a supressão de um eco que se baseia em um primeiro sinal de áudio, compreendendo um equipamento para computar a informação de controle de acordo com a reivindicação 1 a 7, **caracterizado** por: um meio de filtro de supressão acústica (520) para filtrar o segundo sinal de áudio com base nas informações de controle, onde as informações de controle sejam pelo menos baseadas no pelo menos um valor modificado relacionado à potência para o sinal de passagem de banda.

9. Método de computação das informações de controle de um filtro de supressão (210) para filtrar um segundo sinal de áudio para a supressão de um eco que se baseia em um primeiro sinal de áudio, **caracterizado** por compreender: determinação de pelo menos um valor relacionado à potência para um sinal de passagem de banda de pelo menos dois blocos de dados temporalmente sucessivos de pelo menos um sinal de um grupo de sinais, o grupo de sinais incluindo o primeiro sinal de áudio, o segundo sinal de áudio e um sinal derivado do primeiro sinal de

áudio ou do segundo sinal de áudio, caracterizado pelo fato de que o valor relacionado à potência é proporcional a uma potência de um valor do sinal de passagem de banda com um expoente de número inteiro positivo, ou onde o valor relacionado à potência é proporcional a uma potência de uma magnitude do valor do sinal de passagem de banda com um número real positivo como expoente da potência; determinação de pelo menos um valor médio do pelo menos um valor determinado relacionado à potência para o sinal de passagem de banda; modificação do pelo menos um valor relacionado à potência para o sinal de passagem de banda com base no valor médio determinado para o sinal de passagem de banda; e computação das informações de controle do filtro de supressão com base no pelo menos um valor modificado relacionado à potência para o sinal de passagem de banda.

10. Método de filtragem de supressão de um segundo sinal de áudio para a supressão de um eco que se baseia em um primeiro sinal de áudio, compreendendo um método para computar a informação de controle de acordo com a reivindicação 9 **caracterizado** por: filtragem do segundo sinal de áudio com base nas informações de controle, onde as informações de controle sejam pelo menos baseadas no pelo menos um valor modificado relacionado à potência para o sinal de passagem de banda.

11. Equipamento (700) para a computação de um valor de retardo for um meio de retardo (710) para o retardo de um primeiro sinal com relação a um segundo sinal, compreendendo: um aparelho (200) para computar informações de controle de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado** pelo fato de que o primeiro sinal é o primeiro sinal de áudio e o segundo sinal

é o segundo sinal de áudio,

em que pelo menos um valor relacionado à potência é determinado para um sinal de passagem de banda do primeiro sinal e do segundo sinal de pelo menos dois blocos de dados temporalmente sucessivos do primeiro e segundo sinais,

onde pelo menos um valor relacionado à potência para o sinal de passagem de banda do primeiro sinal e do sinal de passagem de banda do segundo sinal são modificados com base no valor médio determinado para o sinal de passagem de banda do primeiro e segundo sinais; e

onde a informação de controle é um valor de retardo computado com base nos valores modificados relacionados à potência do primeiro e segundo sinais.

12. Equipamento (700), de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o equipamento (700) ou o meio de computação (790) compreende ainda um meio de retardo (710) para o primeiro sinal formado para retardar o primeiro sinal pelo valor de retardo.

13. Equipamento (700), de acordo com uma das reivindicações de 11 a 12, **caracterizado** pelo fato de que o meio de computação de valor (750) é formado para a determinação de diversos valores relacionados à potência para o mesmo bloco de dados, porém para diferentes sinais de passagem de banda com diferentes características de frequências cada para o primeiro e o segundo sinais, e onde o meio de determinação de valor médio (760) é formado para a determinação de um valor médio para cada um dos valores determinados relacionados à potência dos sinais de passagem de banda, onde o meio de modificação (770) é formado para

modificar cada um dos valores determinados relacionados à potência com base no valor médio determinado correspondente, e onde o meio de computação do valor de retardo (780) é formado para a computação do valor de retardo com base em todos os valores modificados relacionados à potência do primeiro e segundo sinais.

14. Método de computação de um valor de retardo for um meio de retardo (710) para o retardo de um primeiro sinal com relação a um segundo sinal, compreendendo:

método para calcular informações de controle de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o primeiro sinal é o primeiro sinal de áudio e o segundo sinal é o segundo sinal de áudio,

em que pelo menos um valor relacionado à potência é determinado para um sinal de passagem de banda do primeiro sinal e do segundo sinal de pelo menos dois blocos de dados temporalmente sucessivos,

em que pelo menos um valor relacionado à potência para o sinal de passagem de banda do primeiro sinal e do segundo sinal são modificados com base no valor médio determinado para o sinal de passagem de banda do primeiro e segundo sinais; e

em que a informação de controle é o valor de retardo computado com base nos valores modificados relacionados à potência do primeiro e segundo sinais.

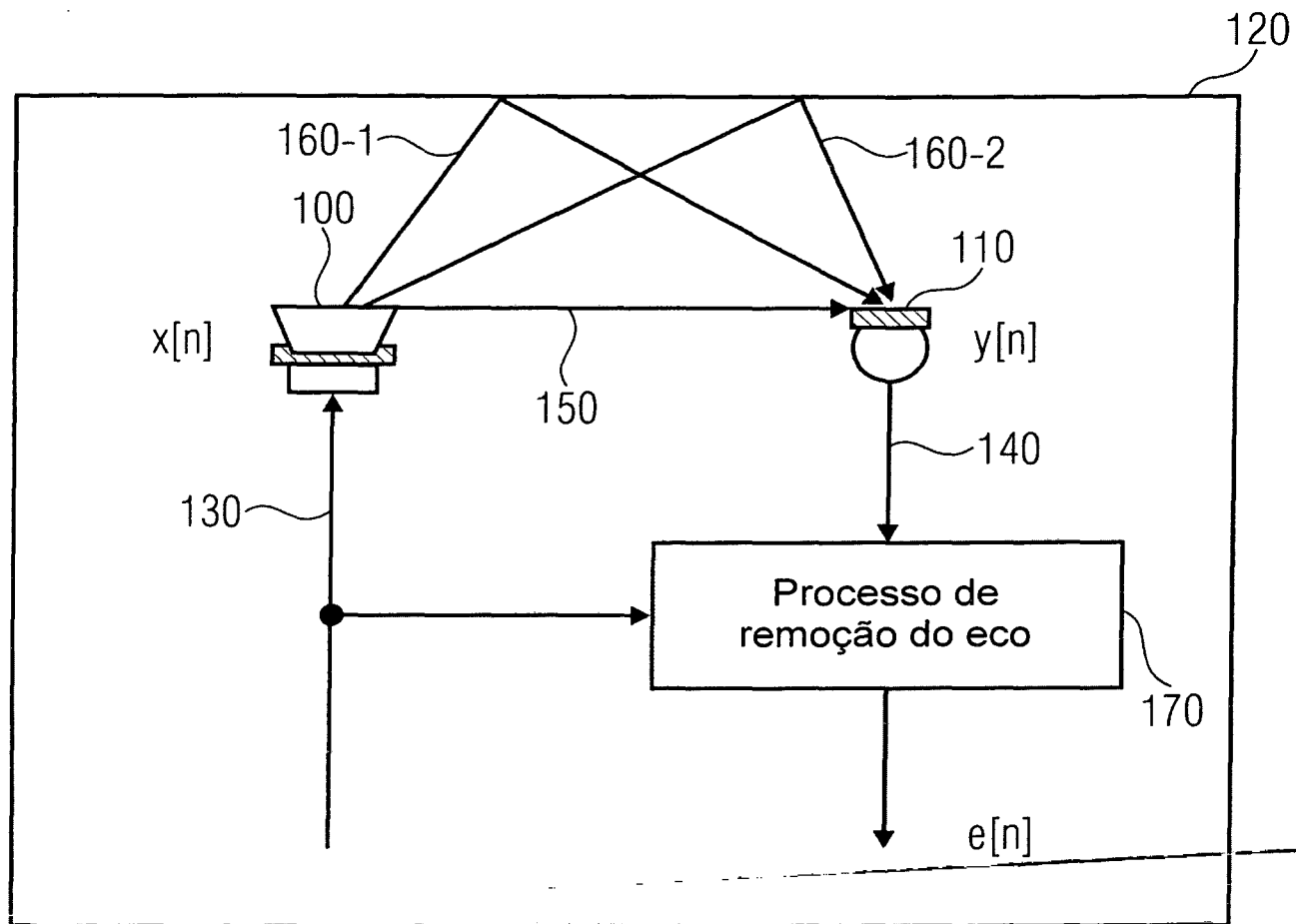


Fig. 1

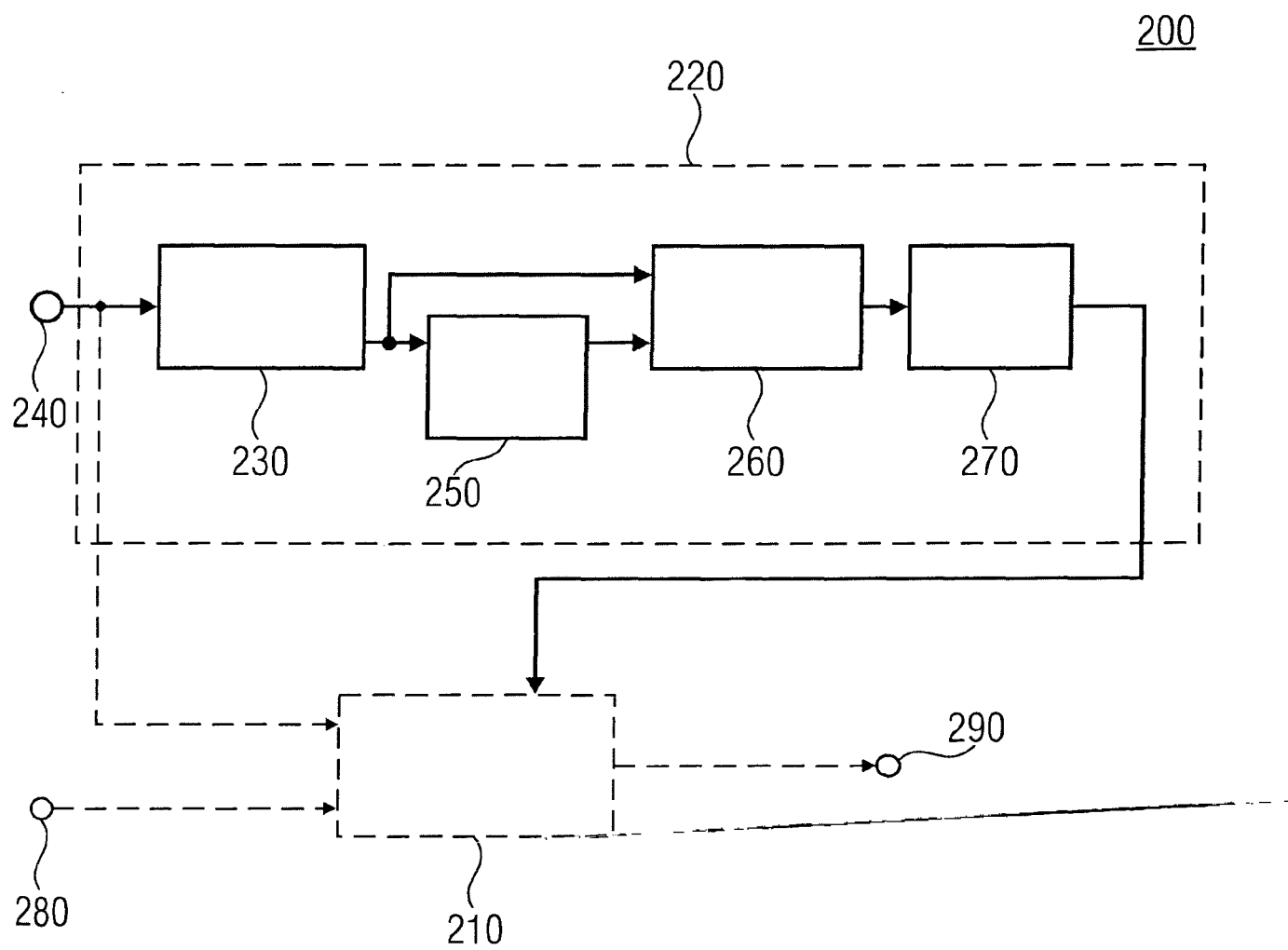


Fig. 2

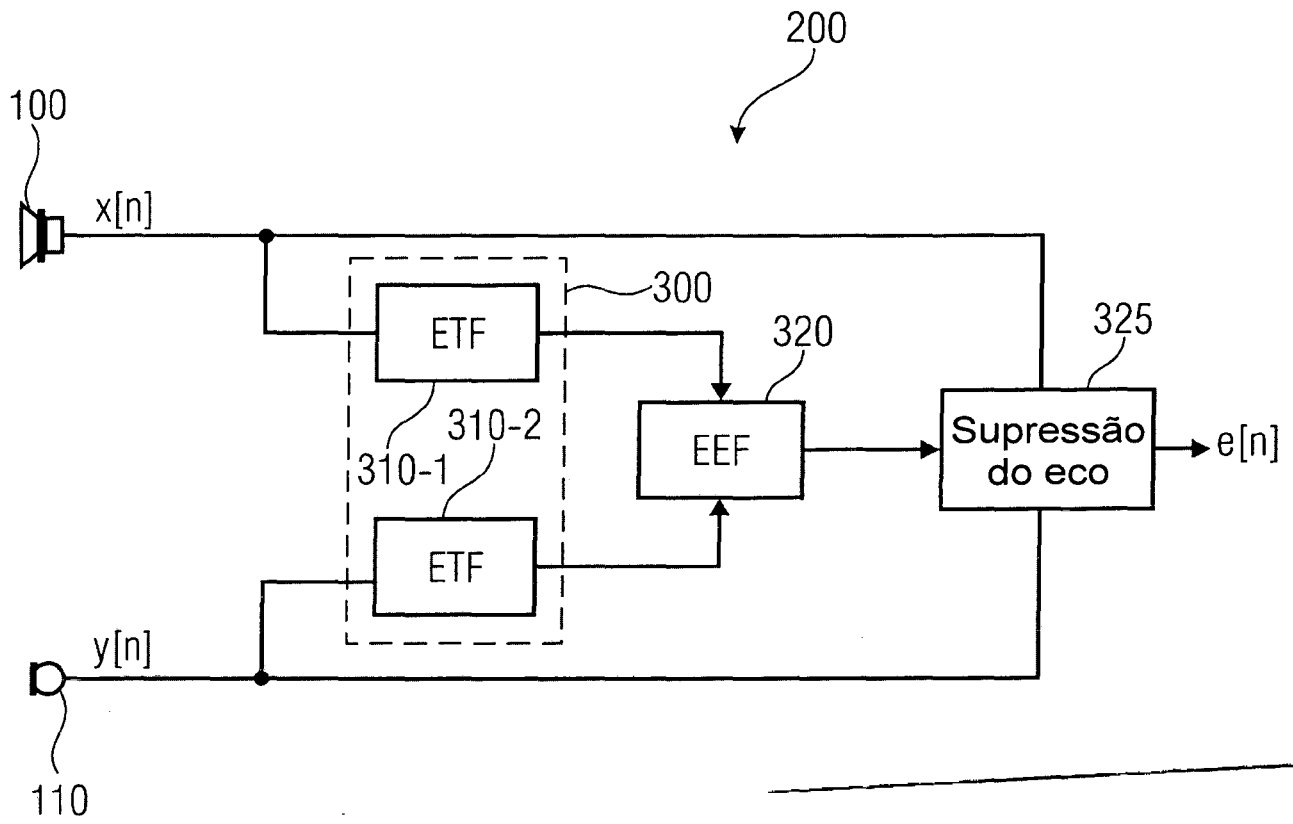
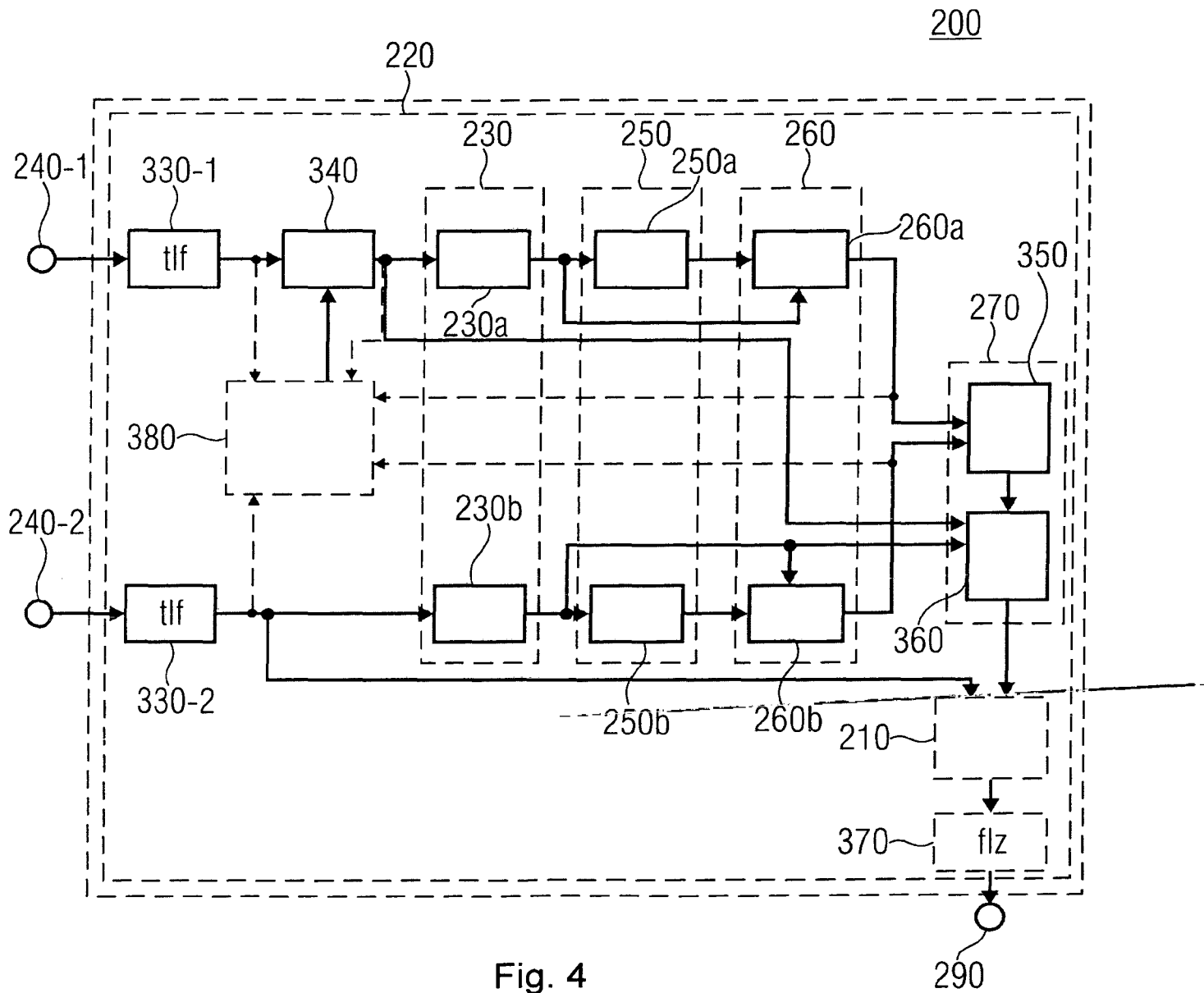


Fig. 3



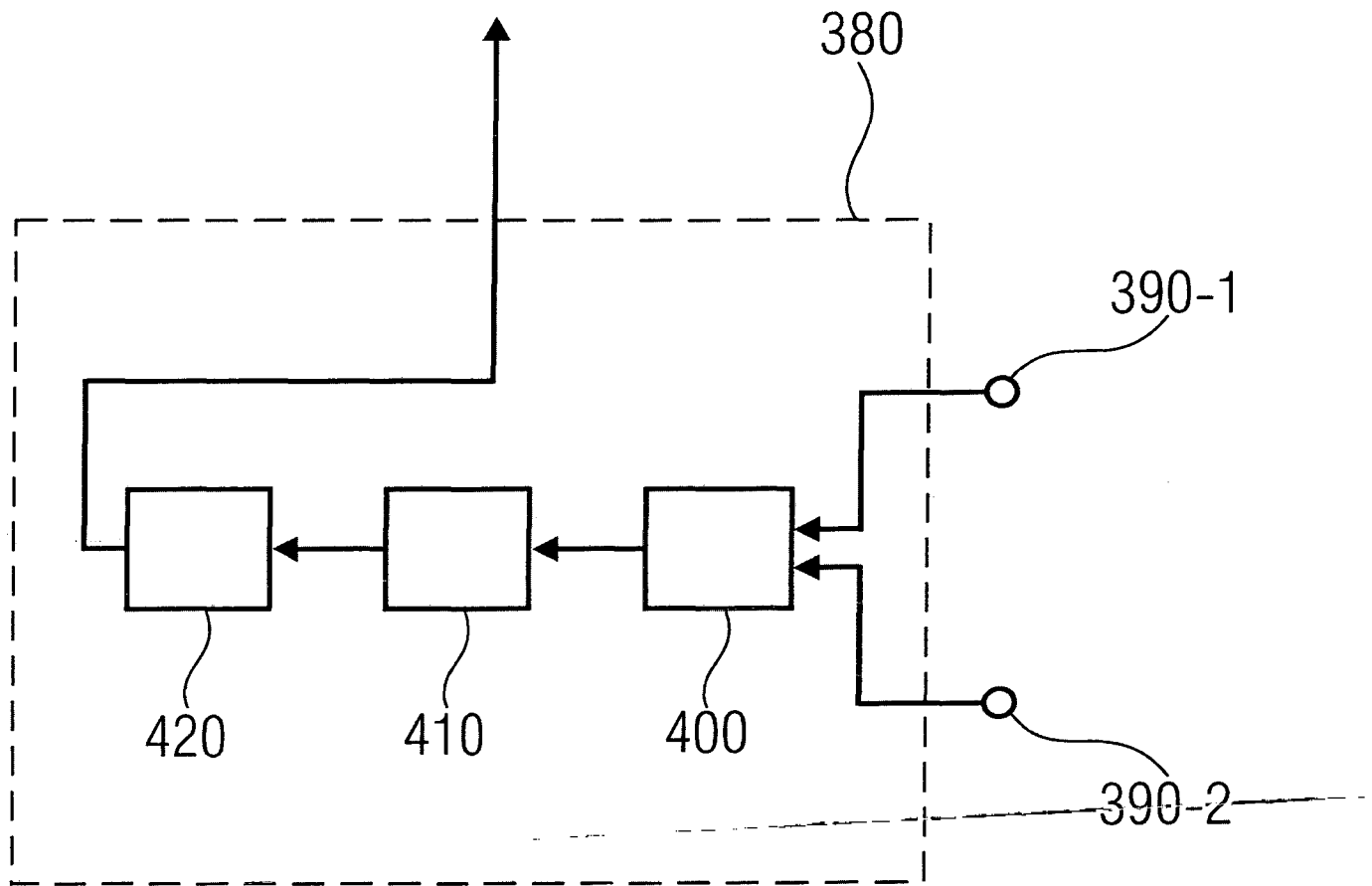


Fig. 5

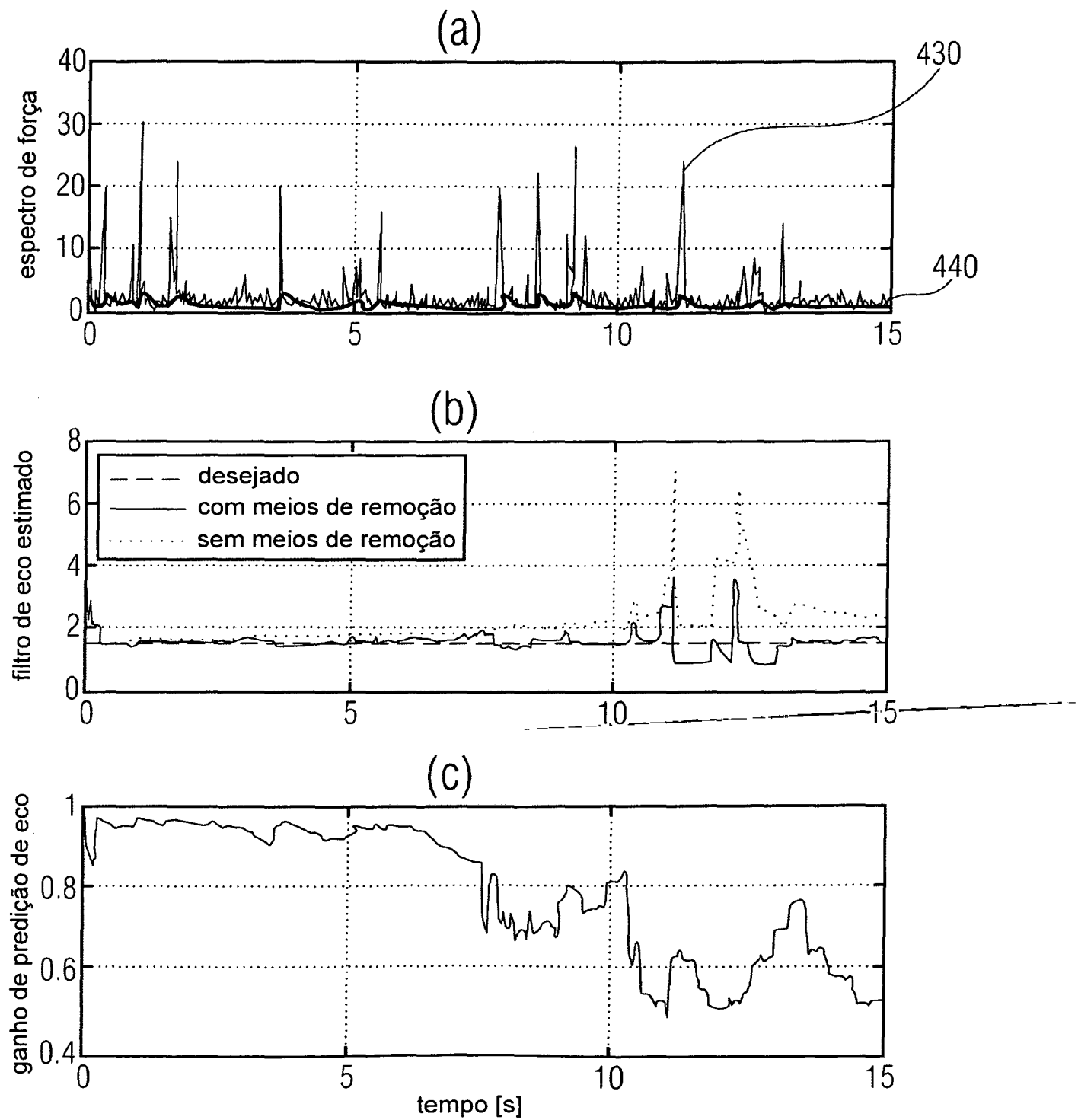


Fig. 6

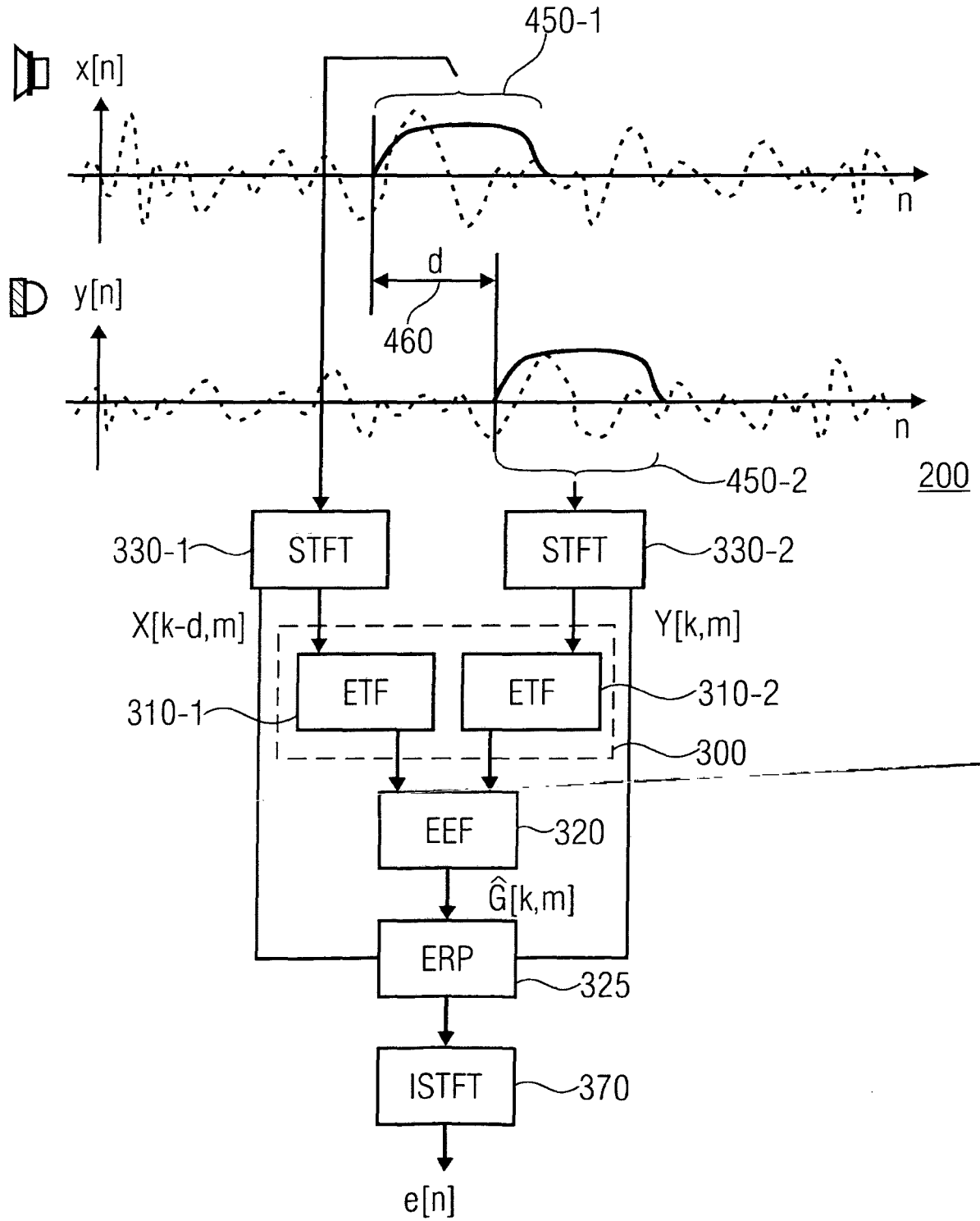


Fig. 7

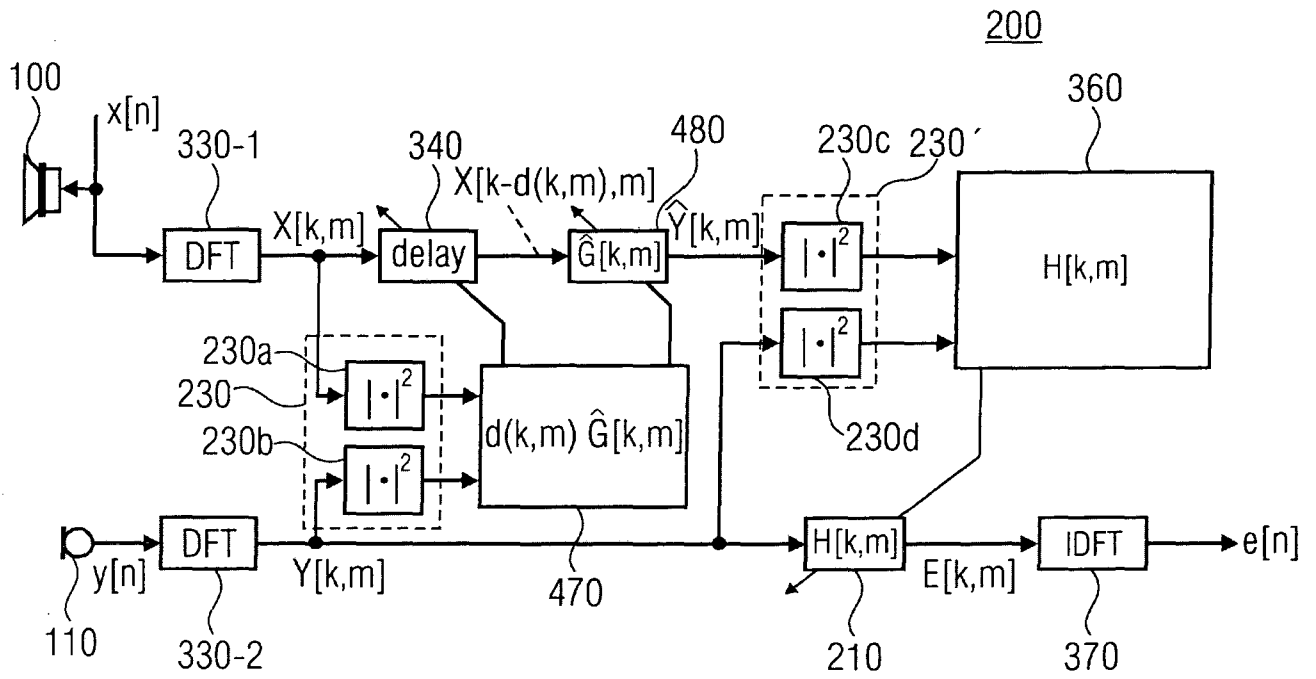


Fig. 8

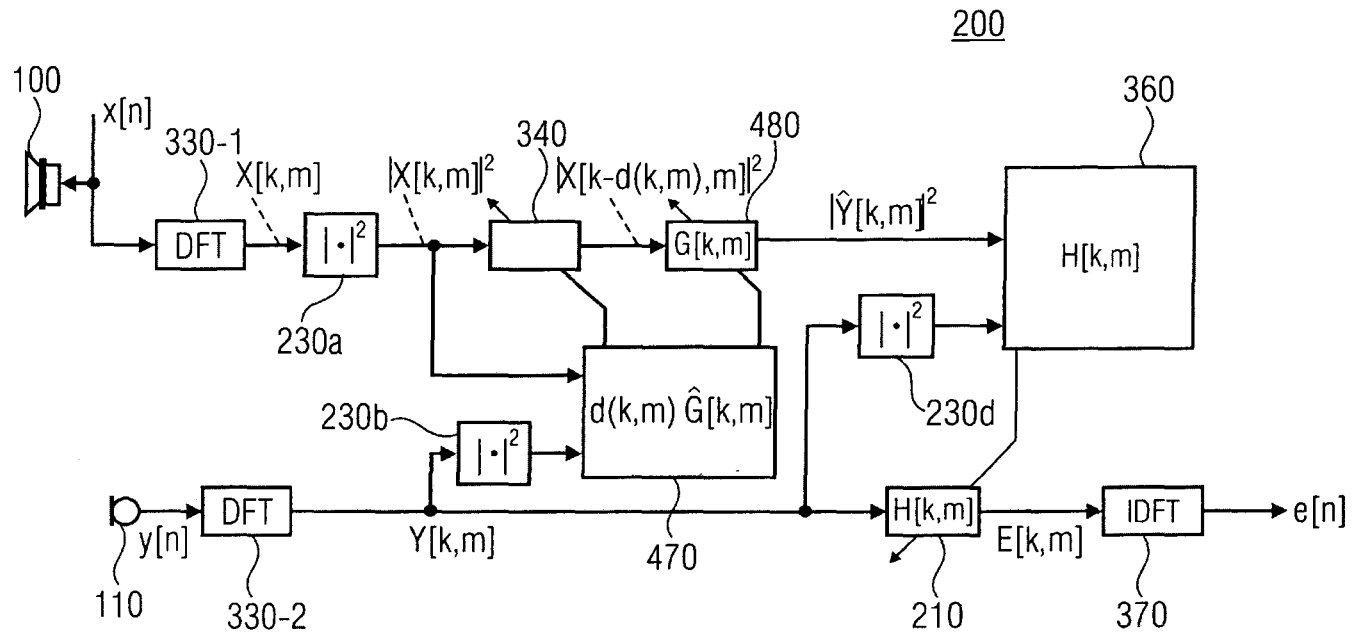


Fig. 9

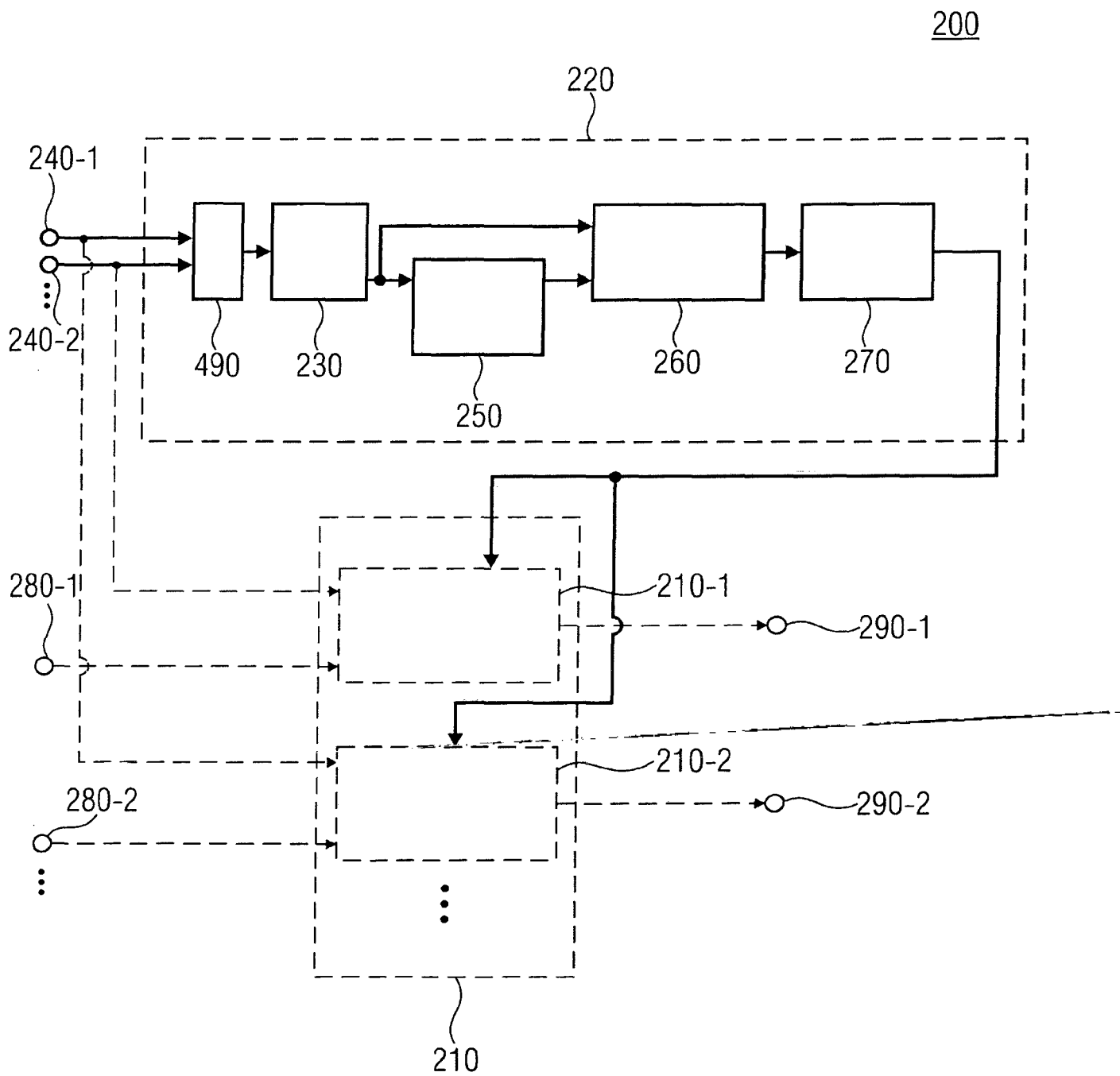


Fig. 10

500

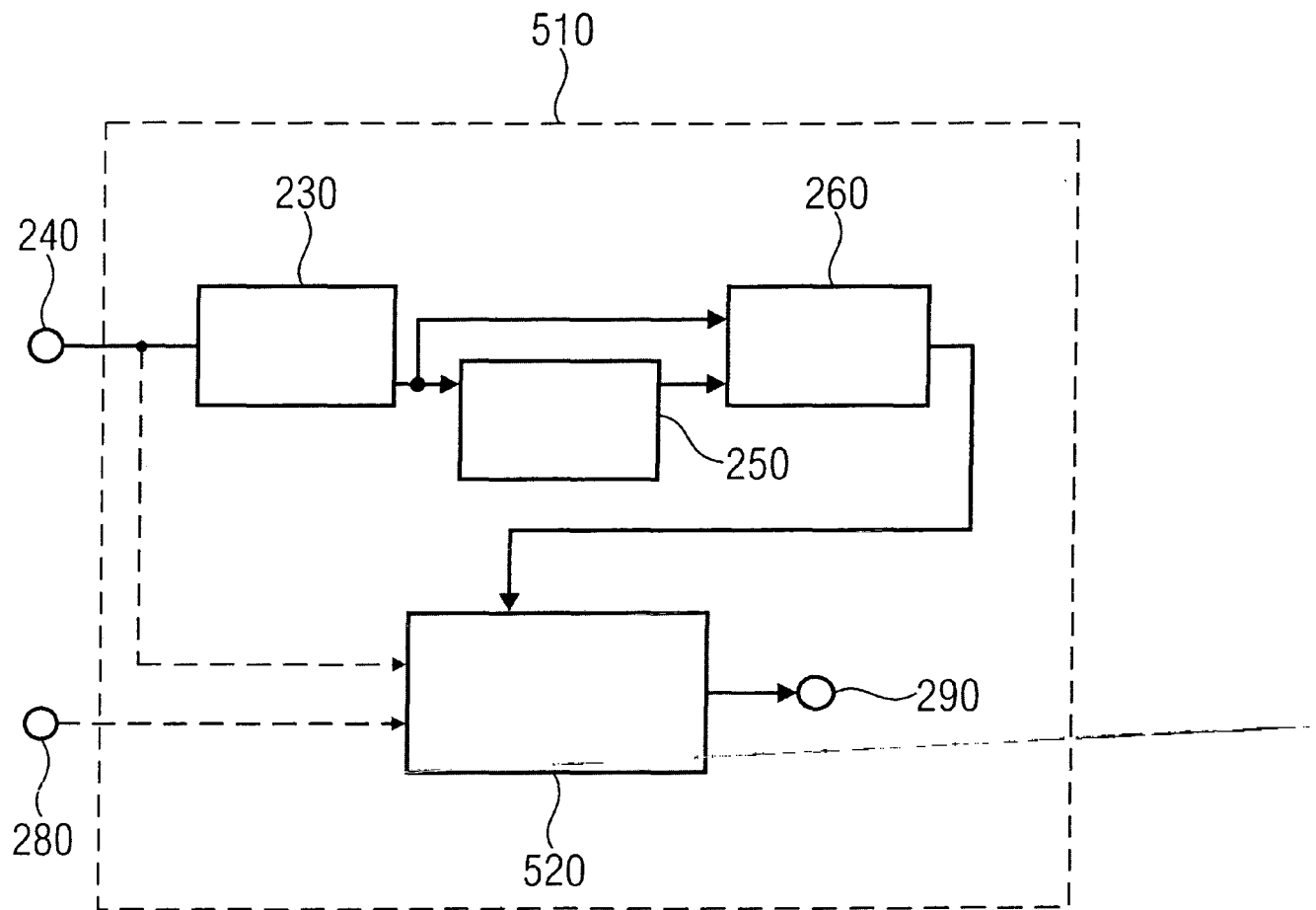


Fig. 11

12/14

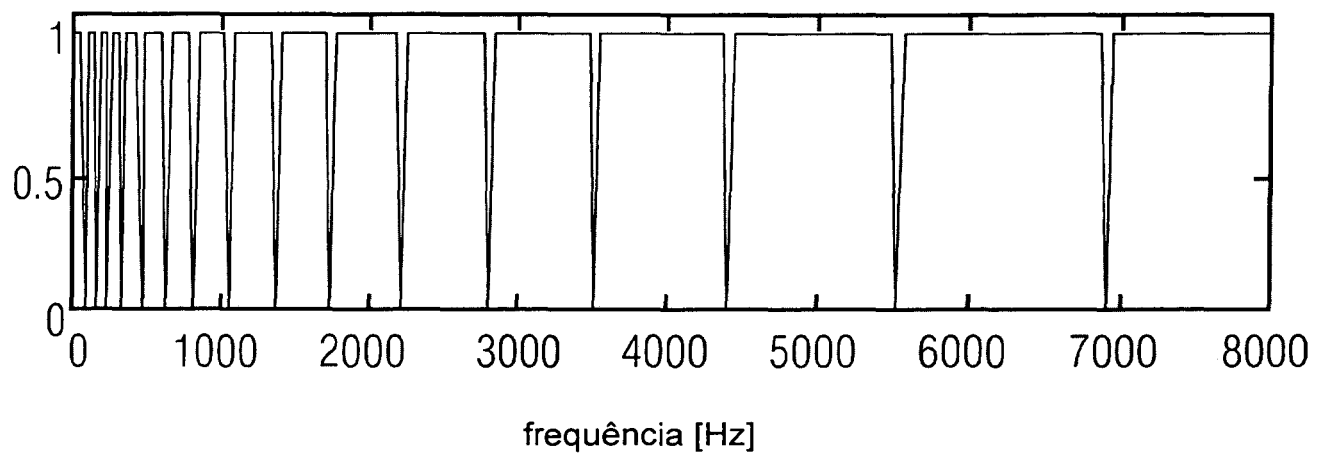


Fig. 12

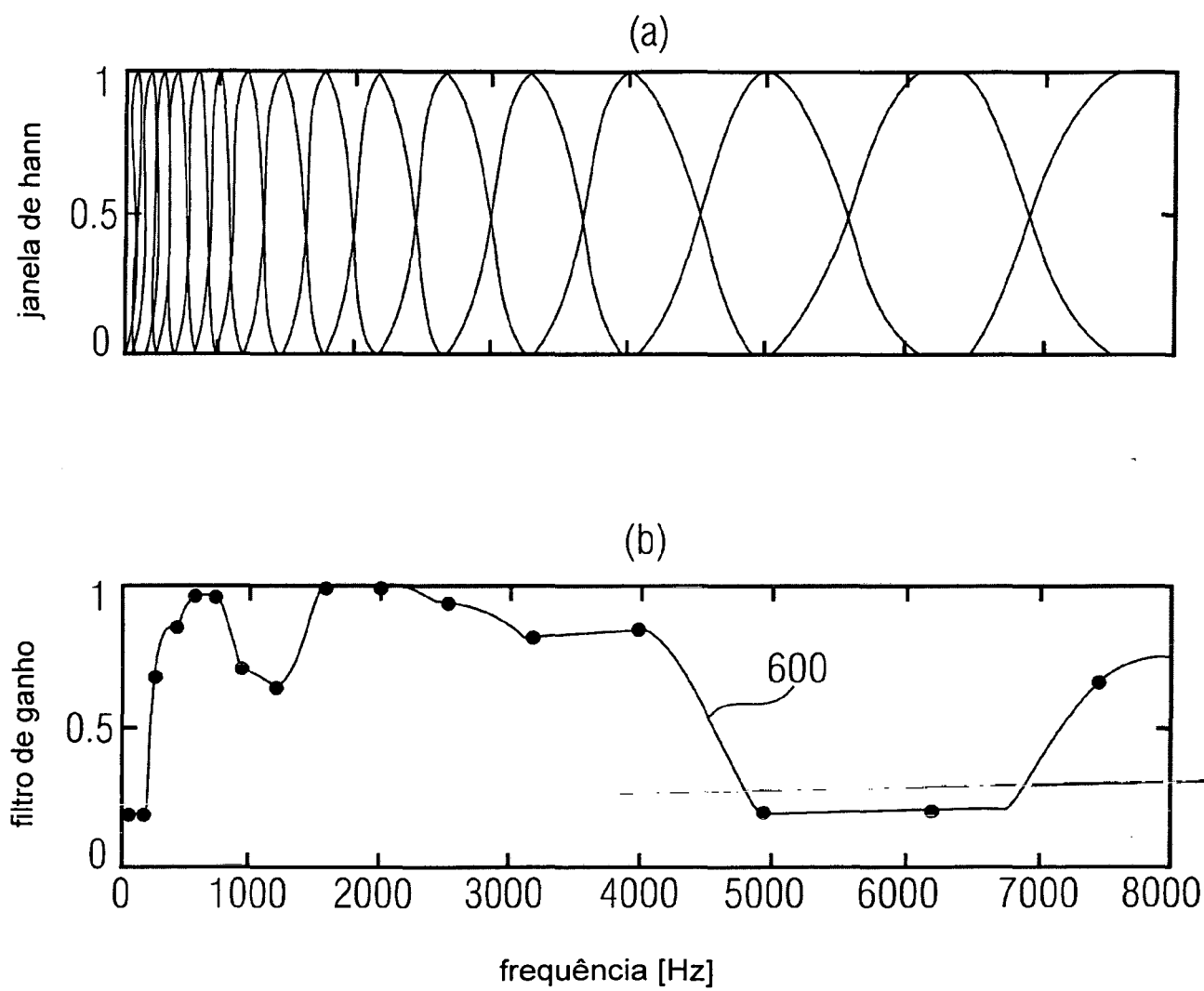


Fig. 13

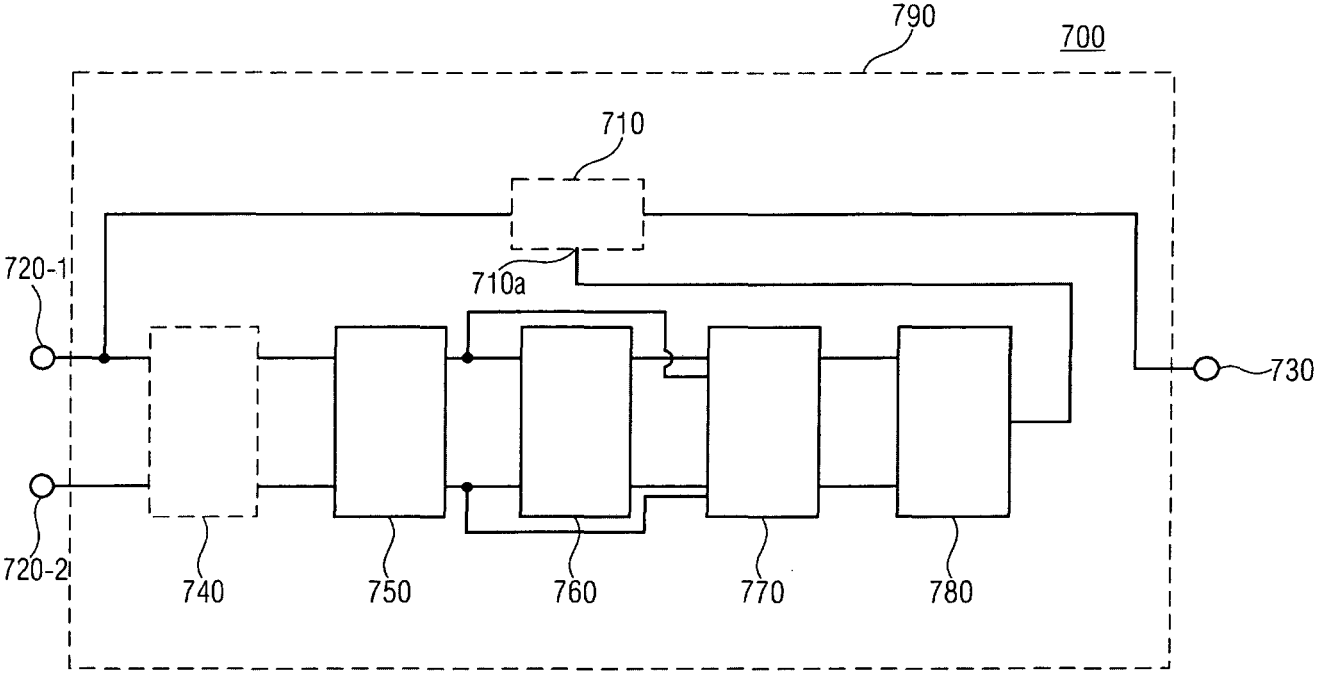


Fig. 14