



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0308691-7 B1

(22) Data do Depósito: 20/03/2003

(45) Data de Concessão: 19/06/2018



(54) Título: MÉTODOS PARA CODIFICAR UM SINAL DE CANAL MÚLTIPLO E PARA DECODIFICAR INFORMAÇÃO DE SINAL DE CANAL MÚLTIPLO, E ARRANJOS PARA CODIFICAR E DECODIFICAR UM SINAL DE CANAL MÚLTIPLO

(51) Int.Cl.: G10L 19/008; G10L 19/02

(30) Prioridade Unionista: 10/04/2002 EP 02076408.0

(73) Titular(es): KONINKLIJKE PHILIPS N.V.

(72) Inventor(es): RONALDUS M. AARTS; ROY IRWAN

“MÉTODOS PARA CODIFICAR UM SINAL DE CANAL MÚLTIPLO E PARA DECODIFICAR INFORMAÇÃO DE SINAL DE CANAL MÚLTIPLO, E ARRANJOS PARA CODIFICAR E DECODIFICAR UM SINAL DE CANAL MÚLTIPLO”

5 Esta invenção relaciona-se à codificação de sinais de canal múltiplo incluindo pelo menos um primeiro e um segundo componente de sinal. Mais particularmente, a invenção relaciona-se à codificação de sinais de áudio multifônicos, tais como sinais estereofônicos.

10 Sinais de áudio estereofônicos incluem um componente de sinal esquerdo (L) e direito (R) que podem se originar de uma fonte de sinal estéreo, por exemplo, de microfones separados. A codificação de sinais de áudio objetiva reduzir a taxa de bit de um sinal estereofônico, por exemplo, a fim de permitir uma transmissão eficiente de sinais de som por uma rede de comunicação, tal como a Internet, por um modem e linhas
15 telefônicas analógicas, canais de comunicação móveis ou outras redes sem fios, etc., e armazenar um sinal de som estereofônico em um cartão de chip ou outro meio de armazenamento com capacidade de armazenamento limitada.

20 Patente US N° 6.121.904 expõe um compressor para comprimir sinais de áudio digitais incluindo preditores correspondentes para os canais estéreos esquerdo e direito. O preditor para o canal esquerdo recebe uma amostra atual e amostras prévias do sinal de áudio esquerdo como também as amostras atuais e prévias do sinal de áudio direito e produz uma próxima amostra predita do sinal esquerdo. Semelhantemente,
25 o preditor para o canal direito recebe uma amostra atual e amostras prévias do sinal de áudio direito como também as amostras atuais e prévias do sinal de áudio esquerdo e produz uma próxima amostra predita do sinal direito.

É um objetivo da presente invenção prover um método e um

arranjo para codificar sinais de canal múltiplo com uma baixa taxa de bit.

Os objetivos acima e outros são alcançados por um método para codificar um sinal de canal múltiplo incluindo pelo menos um primeiro componente de sinal e um segundo componente de sinal, o método incluindo as etapas de:

determinar um conjunto de parâmetros de filtro de um filtro de predição, tal que o filtro de predição proveja uma estimativa do segundo componente de sinal ao receber o primeiro componente de sinal como uma entrada; e

representar o sinal de canal múltiplo como o primeiro componente de sinal e o conjunto de parâmetros de filtro.

Conseqüentemente, codificando o sinal de canal múltiplo como um primeiro componente de sinal e um conjunto de parâmetros de filtro, o sinal de canal múltiplo é codificado com uma taxa de bit que é só ligeiramente mais alta que aquela de um único canal, por exemplo, um canal monofônico. O sinal codificado resultante pode ser armazenado e/ou comunicado a um receptor. A invenção está baseada no reconhecimento que para muitos sinais de canal múltiplo, um componente de sinal pode ser predito de pelo menos um outro canal do sinal de canal múltiplo por um processo de filtro adaptável.

Conseqüentemente, quando os parâmetros de filtro determinados são comunicados a um decodificador, o sinal de canal múltiplo pode ser recuperado na base do primeiro componente de sinal e dos parâmetros de filtro, permitindo ao decodificador modelar o segundo componente de sinal.

O termo sinal de canal múltiplo inclui qualquer sinal que inclua dois ou mais componentes de sinal inter-relacionados. Exemplos de tais sinais incluem sinais de áudio multifônicos, tais como sinais estereofônicos, ou similares, incluindo gravações sincronizadas da mesma

apresentação de áudio. De acordo com algumas concretizações da invenção, o sinal de canal múltiplo inclui componentes de sinal transformados de um sinal de fonte de canal múltiplo, por exemplo, componentes de sinal estereofônicos transformados gerados transformando os sinais estéreos L e R em um conjunto de sinais transformados que pode ser melhor adequado para a modelação de um componente de sinal por outro de acordo com a invenção. Exemplos adicionais de sinais de canal múltiplo incluem sinais recebidos de um Disco Versátil Digital (DVD) ou um Super Disco Compacto de Áudio, etc.

Em uma concretização preferida da invenção, a etapa de determinar o conjunto de parâmetros de filtro inclui a etapa de determinar os parâmetros de filtro tal que uma diferença do segundo componente de sinal e do componente de sinal estimado seja menor do que um valor predeterminado. Quando a diferença entre o sinal modelado e o segundo componente de sinal é pequena, o sinal modelado provê uma boa estimativa do segundo componente de sinal. Conseqüentemente, uma medida de qualidade é provida para a modelação do segundo componente de sinal, por esse meio assegurando que o processo de codificação de acordo com a invenção proveja uma redução mínima em qualidade, por exemplo, no exemplo de sinais de áudio estéreos, distorções audíveis mínimas do sinal.

De acordo com uma concretização preferida adicional da invenção, a etapa de representar o sinal de canal múltiplo como o primeiro componente de sinal e o conjunto de parâmetros de filtro adicionalmente inclui a etapa de representar o sinal de canal múltiplo como o primeiro componente de sinal, o conjunto de parâmetros de filtro, e um sinal de erro indicativo da diferença do segundo componente de sinal e do componente de sinal estimado, se dita diferença não for menor do que dito valor predeterminado.

Conseqüentemente, se o sinal estimado provido pela etapa de

filtragem não modelar o segundo componente de sinal suficientemente bem, o sinal de erro é incluído no sinal codificado, por esse meio provendo o decodificador com informação adicional. O decodificador pode combinar o sinal predito com o sinal de erro recebido, por esse meio alcançando uma boa aproximação do segundo componente de sinal. A taxa de bit usada para comunicar o sinal de erro pode ser variada, por exemplo, de acordo com a largura de banda disponível para uma ligação de comunicação a um dado momento. Conseqüentemente, é uma vantagem da invenção que provê a possibilidade para um compromisso entre a taxa de bit usada para comunicar o sinal e a qualidade de sinal no receptor. Portanto, um mecanismo para degradação sutil é provido, por exemplo aumentando ou diminuindo de forma adaptável a taxa de bit permitida para o sinal de erro.

Em outra concretização preferida da invenção, o método adicionalmente inclui a etapa de transformar pelo menos um primeiro componente de sinal de fonte e um segundo componente de sinal de fonte de um sinal de fonte de canal múltiplo no primeiro e segundo componentes de sinal. Conseqüentemente o primeiro e segundo componentes de sinal são combinações respectivas do primeiro e segundo componentes de sinal de fonte, por esse meio provendo um sinal de entrada ao filtro de predição que pode ser melhor adequado para predizer o segundo componente de sinal como os sinais de fonte correspondentes. Exemplos de transformações incluem combinações lineares do primeiro e segundo sinais de fonte, por exemplo, no caso de sinais de áudio estereofônicos, as combinações $L+R$ e $L-R$. Exemplos adicionais incluem rotações em espaço de sinal e outras transformações. A transformação pode ser parametrizada por parâmetros de transformação que podem ser fixos ou adaptáveis, isto é, eles podem ser adaptados de acordo com as propriedades do sinal de fonte.

Em uma concretização preferida adicional da invenção, dito primeiro componente de sinal é um sinal de componente

principal de um sinal de canal múltiplo de fonte incluindo vários componentes de sinal de fontes e o segundo componente de sinal é um sinal residual correspondente;

5 o método adicionalmente inclui a etapa de transformar pelo menos o primeiro e segundo componentes de sinal de fonte por uma transformação predeterminada no sinal de componente principal incluindo a maioria da energia de sinal e pelo menos o sinal residual incluindo menos energia do que o sinal de componente principal, a transformação predeterminada sendo parametrizada pelo menos por um parâmetro de
10 transformação; e

a etapa de representar o sinal de canal múltiplo como o primeiro componente de sinal e o conjunto de parâmetros de filtro adicionalmente inclui a etapa de representar o sinal de canal múltiplo como o sinal de componente principal, o conjunto de parâmetros de filtro, e o
15 parâmetro de transformação.

Conseqüentemente, de acordo com esta concretização, o sinal de canal múltiplo é representado pelo sinal principal, pelo parâmetro de transformação e pelo conjunto de parâmetros de filtro permitindo o receptor modelar o sinal residual pequeno, por esse meio melhorando a eficiência de
20 codificação para o sinal de canal múltiplo. Esta concretização está baseada no reconhecimento que para muitos sinais de canal múltiplo, por exemplo, no caso de sinais de áudio para sinais de musica e fala, o sinal residual pode ser estimado precisamente como uma versão filtrada do sinal principal. É portanto uma vantagem desta concretização que provê um método
25 particularmente eficiente de codificação que preserva um alto nível de qualidade.

Preferivelmente, o parâmetro de transformação ótimo pode ser rastreado continuamente, por esse meio assegurando que a transformação permaneça ótima até mesmo se as características do sinal de entrada

mudarem, por exemplo, no exemplo de um sinal de áudio devido a uma fonte de som móvel ou mudanças em propriedades acústicas do ambiente.

Quando a transformação predeterminada é uma rotação e o parâmetro de transformação corresponde a um ângulo de rotação, uma transformação simples é provida baseada só em um único parâmetro, o ângulo de rotação. Adaptando o ângulo tal que os componentes de sinal, por exemplo, os componentes de sinal L e R de um sinal estéreo, sejam girados em um sinal de componente principal e um sinal residual, uma codificação eficiente é provida enquanto mantendo uma alta qualidade de sinal.

É uma vantagem da invenção que provê uma utilização de taxa de bit eficiente, isto é, um esquema de codificação que usa uma baixa taxa de bit para uma dada qualidade de som. O esquema de codificação de acordo com a invenção pode ser usado para reduzir a taxa de bit sem reduzir significativamente a qualidade de som, para manter a taxa de bit enquanto melhorando a qualidade de som, ou uma combinação do anterior.

Em uma concretização preferida da invenção, a etapa de determinar um conjunto de parâmetros de filtro adicionalmente inclui a etapa de determinar pelo menos um parâmetro de graduação (β_1 , β_2) para graduar a estimativa do segundo componente de sinal tal que uma medida de correlação entre o segundo componente de sinal e a estimativa do segundo componente de sinal seja aumentada. Conseqüentemente, uma medida de semelhança entre o sinal estimado e o sinal real é otimizada, por esse meio melhorando adicionalmente a qualidade do sinal codificado.

A invenção adicionalmente relaciona-se a um método para decodificar informação de sinal de canal múltiplo, o método incluindo as etapas de:

receber um primeiro componente de sinal e um conjunto de parâmetros de filtro;

estimar um segundo componente de sinal usando um filtro de

predição correspondendo ao conjunto recebido de parâmetros de filtro, o filtro de predição recebendo o primeiro componente de sinal recebido como uma entrada.

5 A presente invenção pode ser implementada de modos diferentes, incluindo os métodos descritos acima e no seguinte, arranjos para codificar e decodificar sinais de canal múltiplo, respectivamente, um sinal de dados, e meio de produto adicional, cada um produzindo um ou mais dos benefícios e vantagens descritas com relação ao método primeiro mencionado, e cada um tendo uma ou mais concretizações preferidas
10 correspondendo às concretizações preferidas descritas com relação ao primeiro método mencionado e exposto nas reivindicações dependentes.

É notado que as características dos métodos descritos acima e no seguinte podem ser implementadas em software e executadas em um sistema de processamento de dados ou outro meio de processamento causado
15 pela execução de instruções executáveis por computador. As instruções podem ser meio de código de programa carregado em uma memória, tal como uma RAM, de um meio de armazenamento ou de outro computador por uma rede de computadores. Alternativamente, as características descritas podem ser implementadas por circuitos ligados por fios em vez de software ou em
20 combinação com software.

A invenção adicionalmente relaciona-se a um arranjo para codificar um sinal de canal múltiplo, incluindo pelo menos um primeiro componente de sinal e um segundo componente de sinal, o arranjo incluindo:

um filtro de predição para estimar o segundo componente de
25 sinal, o filtro de predição correspondendo a um conjunto de parâmetros de filtro e recebendo o primeiro componente de sinal como uma entrada; e

meio de processamento para representar o sinal de canal múltiplo como o primeiro componente de sinal e o conjunto de parâmetros de filtro.

A invenção adicionalmente relaciona-se a um arranjo para decodificar um sinal de canal múltiplo correspondendo a pelo menos dois componentes de sinal, o arranjo incluindo:

meio de recepção para receber um primeiro componente de
5 sinal do sinal de canal múltiplo e um conjunto de parâmetros de filtro;

um filtro de predição para estimar um segundo componente de
sinal do sinal de canal múltiplo, o filtro de predição recebendo o conjunto
recebido de parâmetros de filtro e o primeiro componente de sinal recebido
como uma entrada.

10 Os arranjos acima podem fazer parte de qualquer equipamento eletrônico, incluindo computadores, tais como PCs estacionários e portáteis, equipamento de comunicação de rádio estacionário e portátil e outros dispositivos de mão ou portáteis, tais como telefones móveis, radiolocalizadores, reprodutores de áudio, reprodutores de multimídia,
15 comunicadores, isto é, organizadores eletrônicos, telefones inteligentes, assistentes digitais pessoais (PDAs), computadores de mão, ou similares.

O termo meio de processamento inclui microprocessadores programáveis de propósito geral ou especial, Processadores de Sinal Digitais (DSP), Circuitos integrados Específicos de Aplicação (ASIC), Arranjos
20 Lógicos Programáveis (PLA), Arranjos de Porta Programáveis em Campo (FPGA), circuitos eletrônicos de propósito especial, etc., ou uma combinação deles. O primeiro e segundo meio de processamento acima podem ser meios de processamento separados ou eles podem ser incluídos em um meio de processamento.

25 O termo meio de recepção inclui circuitos e/ou dispositivos adequados para habilitar a comunicação de dados, por exemplo, por uma ligação de dados por fios ou sem fios. Exemplos de tais meios de recepção incluem uma interface de rede, um cartão de rede, um receptor de rádio, um receptor para outros sinais eletromagnéticos adequados, tal como luz

infravermelha, por exemplo, por uma porta de IrDa, comunicação baseada em rádio, por exemplo, por transceptores de Bluetooth, ou similares. Exemplos adicionais de tais meios de recepção incluem um modem a cabo, um modem de telefone, um adaptador de Rede Digital de Serviços Integrados (ISDN), um adaptador de Linha de Assinante Digital (DSL), um transceptor de satélite, um adaptador de Ethernet, ou similares.

O termo meio de recepção adicionalmente inclui outros circuitos/dispositivos de entrada para receber sinais de dados, por exemplo, sinais de dados armazenados em um meio legível por computador. Exemplos de tais meios de recepção incluem um acionamento de disco flexível, um acionamento de CD-ROM, um acionamento de DVD, ou qualquer outro acionamento de disco adequado, um adaptador de cartão de memória, um adaptador de cartão inteligente, etc.

A invenção adicionalmente relaciona-se a um sinal de dados, incluindo informação de sinal de canal múltiplo, o sinal de dados sendo gerado por um método descrito acima e no seguinte. O sinal pode ser concretizado como um sinal de dados em uma onda portadora, por exemplo, como um sinal de dados transmitido por meio de comunicação como descrito acima e no seguinte.

A invenção adicionalmente relaciona-se a um meio legível por computador incluindo uma gravação de dados indicativa de informação de sinal de canal múltiplo gerada por um método descrito acima e no seguinte. O termo meio legível por computador inclui fita magnética, disco óptico, disco de vídeo digital (DVD), disco compacto (CD ou CD-ROM), míni-disco, disco rígido, disco flexível, memória ferro-elétrica, memória só de leitura eletricamente programável e suprimível (EEPROM), memória flash, EPROM, memória só de leitura (ROM), memória de acesso aleatório estática (SRAM), memória de acesso aleatório dinâmica (DRAM), memória de acesso aleatório dinâmica síncrona (SDRAM), memória ferromagnética, armazenamento

óptico, dispositivos acoplados por carga, cartões inteligentes, cartão de PCMCIA, etc.

A invenção adicionalmente relaciona-se a um dispositivo para comunicar um sinal de canal múltiplo, o dispositivo incluindo um arranjo para
5 codificar o sinal de canal múltiplo como descrito acima e no seguinte.

Estes e outros aspectos da invenção serão aparentes e elucidados com referência às concretizações e com referência aos desenhos, em que:

Figura 1 mostra uma vista esquemática de um sistema para
10 comunicar sinais estéreos de acordo com uma concretização da invenção;

Figura 2 mostra uma vista esquemática de um arranjo para codificar um sinal de canal múltiplo de acordo com uma primeira concretização da invenção;

Figura 3 mostra uma vista esquemática de um arranjo para
15 decodificar um sinal de canal múltiplo de acordo com a primeira concretização da invenção;

Figura 4 mostra uma vista esquemática de um arranjo para codificar um sinal estéreo de acordo com uma segunda concretização da invenção;

Figura 5 ilustra a determinação da transformação de sinal de
20 acordo com uma concretização da invenção;

Figura 6 mostra uma vista esquemática de um arranjo para decodificar um sinal estéreo de acordo com a segunda concretização da invenção;

Figuras 7a-c mostram vistas esquemáticas de exemplos de um
25 circuito de filtro para uso em uma concretização da invenção;

Figura 8 mostra uma vista esquemática de um arranjo para codificar um sinal estéreo de acordo com uma terceira concretização da invenção;

Figura 9 mostra uma vista esquemática de um arranjo para codificar um sinal estéreo de acordo com uma quarta concretização da invenção;

Figura 10 mostra uma vista esquemática de um arranjo para decodificar um sinal estéreo de acordo com a quarta concretização da invenção;

Figura 11 mostra uma vista esquemática de um arranjo para codificar um sinal de canal múltiplo de acordo com uma quinta concretização da invenção; e

Figura 12 mostra uma vista esquemática de um circuito de subtração para uso com uma concretização da invenção.

Figura 1 mostra uma vista esquemática de um sistema para comunicar sinais estéreos de acordo com uma concretização da invenção. O sistema inclui um dispositivo de codificação 101 para gerar um sinal estereofônico codificado e um dispositivo de decodificação 105 para decodificar um sinal codificado recebido em um componente de sinal L estéreo e um sinal R estéreo. O dispositivo de codificação 101 e o dispositivo de decodificação 105, cada um pode ser qualquer equipamento eletrônico ou parte de tal equipamento. Aqui o termo equipamento eletrônico inclui computadores, tais como PCs estacionários e portáteis, equipamento de comunicação de rádio estacionário e portátil e outros dispositivos de mão ou portáteis, tais como telefones móveis, radiolocalizadores, reprodutores de áudio, reprodutores de multimídia, comunicadores, isto é, organizadores eletrônicos, telefones inteligentes, assistentes digitais pessoais (PDAs), computadores de mão, ou similares. É notado que o dispositivo de codificação 101 e o dispositivo de decodificação podem ser combinados em um equipamento eletrônico onde sinais estereofônicos são armazenados em um meio legível por computador para reprodução posterior.

O dispositivo de codificação 101 inclui um codificador 102

para codificar um sinal estereofônico de acordo com a invenção, o sinal estereofônico incluindo um componente de sinal L e um componente de sinal R. O codificador recebe os componentes de sinal L e R e gera um sinal codificado T. O sinal estereofônico L e R pode se originar de um conjunto de microfones, por exemplo, por equipamento eletrônico adicional, tal como equipamento de mistura, etc. Os sinais podem adicionalmente ser recebidos como uma saída de outro reproduutor estéreo, através do ar como um sinal de rádio, ou por qualquer outro meio adequado. Concretizações preferidas de tal codificador de acordo com a invenção serão descritas abaixo. De acordo com uma concretização, o codificador 102 está conectado a um transmissor 103 para transmitir o sinal codificado T por um canal de comunicação 109 ao dispositivo de decodificação 105. O transmissor 103 pode incluir circuitos adequados para habilitar a comunicação de dados, por exemplo por uma ligação de dados por fios ou sem fios 109. Exemplos de tal transmissor incluem uma interface de rede, um cartão de rede, um transmissor de rádio, um transmissor para outros sinais eletromagnéticos adequados, tal como um LED para transmitir luz infravermelha, por exemplo, por uma porta de IrDa, comunicação baseada em rádio, por exemplo por um transceptor de Bluetooth, ou similares. Exemplos adicionais de transmissores adequados incluem um modem a cabo, um modem de telefone, um adaptador de Rede Digital de Serviços Integrados (ISDN), um adaptador de Linha de Assinante Digital (DSL), um transceptor de satélite, um adaptador de Ethernet, ou similares. Correspondentemente, o canal de comunicação 109 pode ser qualquer ligação de dados por fios ou sem fios, por exemplo de uma rede de comunicação baseada em pacote, tal como a Internet ou outra rede de TCP/IP, uma ligação de comunicação de alcance curto, tal como uma ligação de infravermelho, uma conexão de Bluetooth ou outra ligação baseada em rádio. Exemplos adicionais do canal de comunicação incluem redes de computador e redes de comunicação sem fios, tal como uma rede de Dados de Pacote

Digital Celular (CDPD), uma rede de Sistema Global para Móvel (GSM), uma rede de Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA), uma Rede de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA), uma rede de serviço de Rádio de Pacote Geral (GPRS), uma rede de Terceira Geração, tal como uma rede de UMTS, ou similares. Alternativamente ou adicionalmente, o dispositivo de codificação pode incluir uma ou mais outras interfaces 104 para comunicar o sinal estéreo codificado T ao dispositivo de decodificação 105. Exemplos de tais interfaces incluem um acionamento de disco para armazenar dados em um meio legível por computador 110, por exemplo um acionamento de disco flexível, um acionamento de CD-ROM de leitura/escrita, um acionamento de DVD, etc. Outros exemplos incluem uma expansão de cartão de memória, um leitor/gravador de cartão magnético, uma interface para acessar um cartão inteligente, etc. Correspondentemente, o dispositivo de decodificação 105 inclui um receptor 108 correspondente para receber o sinal transmitido pelo transmissor e/ou outra interface 106 para receber o sinal estéreo codificado comunicado pela interface 104 e pelo meio legível por computador 110. O dispositivo de decodificação adicionalmente inclui um decodificador 107, que recebe o sinal recebido T e o decodifica em componentes estéreos correspondentes L' e R'. Concretizações preferidas de tal decodificador de acordo com a invenção serão descritas abaixo. Os sinais decodificados L' e R' podem ser alimentados subsequente em um reproduutor estéreo para reprodução por um conjunto de alto-falantes, fones de cabeça, ou similares.

Figura 2 mostra uma vista esquemática de um arranjo para codificar um sinal de canal múltiplo de acordo com uma primeira concretização da invenção. De acordo com esta concretização, o sinal de canal múltiplo inclui dois componentes S_1 e S_2 . O arranjo inclui um filtro adaptável 201 recebendo o componente de sinal S_1 como uma entrada e gerando um sinal filtrado $\hat{S}_2$. Os parâmetros de filtro F_p do filtro adaptável

são selecionados tal que o sinal filtrado S_2 se aproxime do segundo componente de sinal S_2 , por exemplo controlando o filtro adaptável 201 pelo sinal de erro e indicando a diferença entre S_2 e $\hat{S}_2$ como gerado por um circuito de subtração 203. O filtro 201 pode ser qualquer filtro adequado conhecido na técnica. Exemplos de tais filtros incluem um filtro de resposta a impulso finita (FIR) ou um filtro de resposta a impulso infinita (IIR), adaptável ou fixo, com as frequências de corte e magnitudes sendo fixas ou rastreadas recursivamente, ou similar. O filtro pode ser de qualquer ordem, preferivelmente menor que 10. O tipo do filtro pode ser de Butterworth, Chebychev, ou qualquer outro tipo de filtro adequado. No exemplo de sinais de áudio, exemplos de tais filtros adaptáveis incluem um filtro adaptável conhecido do campo de cancelamento de eco, ou um filtro baseado em um modelo psico-acústico do sistema audível humano, por exemplo como é conhecido de codificação de MPEG, por esse meio reduzindo o número de parâmetros de filtro. De acordo com outra concretização, o filtro pode adicionalmente ser simplificado, por exemplo, usando um filtro de 10ª ordem usando 5 filtros Bi-quadráticos e uma unidade de reverberação artificial. Nesta concretização, no lado de codificação, o filtro é ajustado e o tempo de reverberação é determinado. Estes parâmetros são variados lentamente, por esse meio reduzindo a taxa de bit necessária para sua transmissão.

Os parâmetros de filtro resultantes F_p são alimentados em um codificador 205, por exemplo um codificador provendo uma codificação de Huffman ou qualquer outro esquema de codificação adequado, resultando em parâmetros de filtro codificados F_{pe} . Os parâmetros de filtro codificados F_{pe} são alimentados em um circuito combinador 204. O arranjo adicionalmente inclui os codificadores 202 executando uma codificação correta do componente de sinal S_1 . Por exemplo, no caso de sinais de áudio, o sinal codificado S_1 pode ser codificado de acordo com MPEG, por exemplo camada 3 de MPEG I (MP3), de acordo com codificação senoidal (SSC), ou

esquemas de codificação de áudio baseados em esquemas de sub-banda, paramétricos, ou de transformada, ou qualquer outro esquema adequado ou combinação deles. O sinal codificado resultante $S_{1,e}$ é alimentado no circuito combinador 204 junto com os parâmetros de filtro F_p . O circuito combinador 204 executa enquadramento, alocação de taxa de bit e codificação sem perdas, resultando em um sinal combinado T a ser comunicado.

Figura 3 mostra uma vista esquemática de um arranjo para decodificar um sinal de canal múltiplo de acordo com a primeira concretização da invenção. O arranjo recebe um sinal de canal múltiplo codificado T , por exemplo se originando de um codificador de acordo com a concretização descrita em conexão com a Figura 2. O arranjo inclui um circuito 301 para extrair o sinal codificado $S_{1,e}$ e os parâmetros de filtro codificados F_{pe} do sinal combinado T , isto é, o circuito 301 executa uma operação inversa do combinador 204 da Figura 2. Os parâmetros de filtro são decodificados por um decodificador 303 correspondendo à codificação dos parâmetros de filtro pelo codificador 205 da Figura 2. O sinal extraído $S_{1,e}$ é alimentado em um decodificador 302 para executar decodificação de áudio correspondendo à codificação executada pelo codificador 202 da Figura 2, resultando no primeiro sinal de componente decodificado S_1' . O sinal S_1' é alimentado em um filtro 303 junto com os parâmetros de filtro decodificados F_p . O filtro 304 gera um segundo componente de sinal estimado correspondente $\hat{S}_2'$. Conseqüentemente, o decodificador da Figura 2 gera uma saída correspondendo ao primeiro componente de sinal recebido S_1' e ao segundo componente de sinal estimado $\hat{S}_2'$.

Figura 4 mostra uma vista esquemática de um arranjo 102 para codificar um sinal estéreo de acordo com uma segunda concretização da invenção. O arranjo inclui circuito 401 para executar uma rotação do sinal estéreo no espaço L-R por um ângulo α , resultando em componentes de sinal girados y e r de acordo com a transformação:

$$\begin{aligned} y &= L \cos \alpha + R \sin \alpha = w_L L + w_R R \\ r &= -L \sin \alpha + R \cos \alpha = -w_R L + w_L R \end{aligned} \quad (1),$$

onde $w_L = \cos \alpha$ e $w_R = \sin \alpha$ serão referidos como fatores de ponderação.

De acordo com esta concretização, o ângulo α é determinado tal que corresponda a uma direção de alta variância de sinal. A direção variância de sinal máxima, isto é, o componente principal, pode ser estimado por uma análise de componente principal, tal que o componente y girado corresponda ao sinal de componente principal que inclui a maioria da energia de sinal, e r seja um sinal residual. Correspondentemente, o arranjo da Figura 4 inclui circuito 400 que determina o ângulo α ou, alternativamente, os fatores de peso w_L e w_R .

Se referindo à Figura 5, de acordo com uma concretização preferida, os fatores de peso acima w_L e w_R são determinados de acordo com o algoritmo seguinte.

Inicialmente, os sinais estéreos de chegada L e R são retificados e filtrados em passa-baixo, resultando em sinais de envelope $p(k)$ de L e $q(k)$ de R , respectivamente, onde $p(k)$ e $q(k)$ são amostrados adequadamente e o índice de amostra é denotado k . Assim, o vetor $x(k) = (p(k), q(k))$ denota o vetor de sinal de chegada. Alternativamente, os sinais L e R podem ser usados diretamente, isto é, sem filtragem, ou outras versões filtradas de L e R podem ser usadas, por exemplo, sinais filtrados em passa-alto L e R . Na Figura 5, vários pontos de sinal são ilustrados como círculos. Como um exemplo, o ponto de sinal $x(k)$ e seus componentes correspondentes $p(k)$ e $q(k)$ são indicados. De acordo com a invenção, os sinais são gerados na direção do componente principal dos vetores de sinal. No exemplo da Figura 5, isto corresponde à direção y , onde α é o ângulo entre a direção y e a direção p . O vetor de peso $w = (w_L, w_R)$ indica a direção do componente principal, e os componentes girados de $x(k)$ são denotados $y(k)$ e $r(k)$, respectivamente. O componente principal pode ser determinado por qualquer

método adequado conhecido na técnica. Em uma concretização particularmente vantajosa, um método iterativo utilizando regra de Oja (veja por exemplo, S. Haykin: "Neural Networks", Prentice Hall, NJ., 1999) é usado. De acordo com esta concretização, o vetor de peso w é estimado iterativamente de acordo com a equação seguinte:

$$w(k) = w(k-1) + \mu [x(k-1) - w(k-1) y(k-1)], \quad (2),$$

onde $w(k) = (w_L(k), w_R(k))$ corresponde à estimativa em tempo k . A iteração acima pode, por exemplo, ser iniciada com um conjunto de pequenos pesos aleatórios $w(0)$, ou de qualquer outro modo adequado. O vetor de peso estimado acima pode ser usado para calcular o sinal girado de acordo com $y(k) = w^T(k) x(k)$. Alternativamente, a iteração da equação (2) pode ser executada em uma base de bloco, por exemplo para um bloco de N amostras, onde N depende da implementação particular, por exemplo, $N = 512, 1.024, 2.048$, etc. Nesta concretização, o vetor de peso estimado $w(N)$ para um bloco pode ser usado na transformação de todas as amostras daquele bloco de acordo com $y(k) = w^T(N) x(k)$.

O fator μ na equação (2) corresponde a uma escala de tempo do algoritmo de rastreamento. Se $\mu = 0$, os fatores de ponderação e, assim, o ângulo α , permanecem constantes, enquanto eles mudam rapidamente para μ grande. Como um exemplo, para um tamanho de bloco de 2.048 amostras, μ pode ser selecionado da ordem de 10^{-3} para uma taxa de amostragem de 44,1 kHz.

É uma vantagem do algoritmo iterativo acima que é linear, isto é, não requer o cálculo de qualquer função trigonométrica, raízes quadradas ou similares. É uma vantagem adicional, que a iteração acima produz um vetor de peso normalizado w , como o termo $-\mu w(k-1) y(k-1)$ na equação (2) corresponde a um termo de decaimento de peso que penaliza pesos grandes, enquanto o termo $+\mu x(k-1)$ dirige o vetor de peso na direção do componente principal. É adicionalmente notado que na presente concretização, como $x(k)$

é o sinal de envelope, $w_L, w_R \in [0,1]$, isto é, o vetor de peso w se acha no primeiro quadrante na Figura 5, por esse meio assegurando que μ seja positivo. É uma vantagem adicional desta concretização que basta transmitir um de w_L e w_R , como o outro fator pode ser determinado de acordo com $w_R = \sqrt{1 - (w_L)^2}$. Alternativamente, o ângulo α pode ser transmitido.

Se referindo novamente à Figura 4, o circuito 400 sai com o ângulo determinado α ou, alternativamente, um ou ambos dos fatores de peso w_L e w_R . A informação de ângulo é alimentada no circuito de rotação 401, que gera os componentes de sinal girados y e r . É compreendido que os circuitos 400 e 401 podem ser combinados em um circuito único que executa o cálculo iterativo da equação (2) e o cálculo de y e r de acordo com a equação (1).

De acordo com esta concretização da invenção, é reconhecido que o sinal residual r pode ser estimado como uma versão filtrada do sinal principal y . Em uma gravação acústica de uma fonte de áudio gravada por dois microfones na ausência de distorções acústicas, por exemplo, devido a reflexões, etc., o sinal principal y corresponde à fonte de áudio e o sinal residual é substancialmente zero. Por exemplo, os sinais estéreos L e R podem ser expressos como $L = M + S$ e $R = M - S$, onde M corresponde a um sinal mediano ou central e S corresponde a um sinal estéreo ou lateral. No caso de uma gravação acústica de uma fonte de som estacionária, por exemplo um locutor gravado por dois microfones, os sinais L e R são substancialmente iguais, se o locutor estiver posicionado exatamente entre os microfones, e assumindo que não há nenhuma distorção acústica, tais como reflexões, etc. Conseqüentemente, neste caso, S é substancialmente zero ou pelo menos pequeno e o esquema de codificação de acordo com esta concretização substancialmente produz y que corresponde a $L+R$ e r que corresponde a $L-R$ sendo zero ou pequeno; isto corresponde a $\alpha = 45$ graus. Se o locutor não estiver posicionado exatamente entre os microfones, isto é, há uma assimetria, mas ainda assumindo que não há nenhuma reflexão ou outras distorções, o

sinal girado y e de acordo com a invenção ainda corresponde ao locutor e o sinal residual r é substancialmente zero. Porém, neste caso, o ângulo α difere de 45 graus.

Em uma situação mais realista, distorções estão presentes, por exemplo devido a reflexões do sinal nas paredes de uma sala e na cabeça e tronco do locutor, etc. Estes efeitos influenciam o sinal residual r . Conseqüentemente, ao estimar o sinal residual por um filtro, o filtro em efeito modela a acústica de sala, etc. Para uma orquestra clássica, a situação é semelhante, enquanto no caso de música popular moderna, a situação pode ser ligeiramente diferente. Neste caso, um engenheiro de som tipicamente mistura canais múltiplos em dois canais, usando freqüentemente reverberação artificial, caixas de efeito, etc. Neste caso, o filtro modela os efeitos acústicos introduzidos pelo processo de mistura.

Por conseguinte, ainda se referindo à Figura 4, o arranjo adicionalmente inclui um filtro adaptável 201 recebendo o sinal principal y como uma entrada e gerando um sinal filtrado $\hat{r}$. Os parâmetros de filtro F_p do filtro adaptável são selecionados tal que o sinal filtrado $\hat{r}$ se aproxime do sinal residual r , por exemplo, controlando o filtro adaptável 201 pelo sinal de erro e indicando a diferença entre r e $\hat{r}$ como gerado por um circuito de subtração 203. Os parâmetros de filtro resultantes F_p são alimentados em um codificador 205, por exemplo um codificador provendo uma codificação de Huffman ou qualquer outro esquema de codificação adequado, resultando em parâmetros de filtro codificados F_{pe} . Os parâmetros de filtro codificados F_{pe} são alimentados em um circuito combinador 204. O filtro 201 pode ser qualquer filtro adequado conhecido na técnica. Exemplo de tais filtros incluem um filtro de resposta a impulso finita (FIR) ou um filtro de resposta a impulso infinita (IIR), adaptável ou fixo, com as freqüências de corte e magnitudes sendo fixas ou rastreadas recursivamente, ou similar. O filtro pode ser de qualquer ordem, preferivelmente menor que 10. O tipo do filtro

pode ser de Butterworth, Chebychev, ou qualquer outro tipo de filtro adequado. O arranjo adicionalmente inclui um codificador 202 para codificar o sinal principal como descrito com relação à Figura 2, resultando no sinal principal codificado y_e , que é alimentado no circuito combinador 204 junto com os parâmetros de filtro F_p e a informação de ângulo α . Como descrito com relação à Figura 2, o circuito combinador 204 executa enquadramento, alocação de taxa de bit, e codificação sem perdas, resultando em um sinal combinado T a ser comunicado, que inclui o sinal principal codificado y_e , os parâmetros de filtro F_p e a informação de ângulo α . Em uma concretização, o ângulo α ou, alternativamente, w_L e/ou w_R pode ser comunicado como parte de um cabeçalho transmitido antes de um quadro de sinal, um bloco de sinal, ou similar.

De acordo com a invenção, quando o ângulo de transformação α é rastreado tal que o sinal de componente principal inclua a maioria da energia de sinal, as taxas de bit alocadas para os sinais y e r podem ser selecionadas para serem diferentes, por esse meio otimizando a eficiência de codificação. Como descrito acima, no exemplo de uma gravação acústica de uma fonte de áudio gravada por dois microfones na ausência de distorções acústicas, o sinal principal y corresponde à fonte de áudio e o sinal residual é substancialmente zero. Neste exemplo, o ângulo α corresponde à posição da fonte de som relativa aos microfones. Se a fonte de som se mover, por exemplo, da esquerda à direita, o método de acordo com a invenção ainda produz um sinal de componente principal y que corresponde à fonte e um pequeno sinal residual r , idealmente sendo $r = 0$. Neste caso, α muda de 0 (completamente à esquerda) a 90 graus (completamente à direita). O exemplo acima ilustra a vantagem de rastrear o ângulo α . Conseqüentemente, é uma vantagem da invenção que permite uma codificação eficiente de sinais estéreos.

De acordo com esta concretização da invenção, a taxa de bit a

ser alocada para os parâmetros de filtro F_p pode ser consideravelmente menor do que a taxa de bit necessária para o sinal principal y , por exemplo em uma concretização, a taxa de bit para F_p pode, em média, ser menos que 10% da taxa de bit para y . Conseqüentemente, é uma vantagem da invenção que reduz a taxa de bit necessária para transmitir um sinal estéreo. A taxa de bit total de acordo com a invenção é só ligeiramente mais alta do que para um único canal monofônico. É notado, porém, que esta relação pode variar durante uma gravação. Por exemplo, a relação pode se tornar menor, por exemplo, em uma situação com pequenas distorções e uma fonte estacionária, mas também maior, por exemplo, se os sinais L e R forem momentaneamente independentes.

Figura 6 mostra uma vista esquemática de um arranjo 107 para decodificar um sinal estéreo de acordo com a segunda concretização da invenção. O arranjo recebe um sinal estéreo codificado T , por exemplo originado de um codificador de acordo com a concretização descrita com relação à Figura 4. O arranjo inclui um circuito 301 para extrair os sinais codificados y_e , os parâmetros de filtro codificados F_{pe} , e a informação de ângulo α do sinal combinado T , isto é, o circuito 301 executa uma operação inversa do combinador 204 da Figura 4. O sinal extraído y_e é alimentado em um decodificador 302 para executar decodificação de áudio que corresponde à codificação executada pelo codificador 202 da Figura 4, resultando no sinal de componente principal decodificado y' . Os parâmetros de filtro codificados F_{pe} são decodificados por um decodificador 303 correspondendo à codificação dos parâmetros de filtro pelo codificador 205 da Figura 4. O sinal y' é alimentado em um filtro 304 junto com os parâmetros de filtro decodificados F_p . O filtro 304 gera um sinal residual estimado correspondente $\hat{r}'$. O sinal de componente principal recebido y' , o sinal residual estimado $\hat{r}'$ e a informação de angulo recebida α são alimentados em um circuito de rotação 601, que gira os sinais y' , $\hat{r}'$ de volta na direção dos componentes L e R originais, assim

resultando nos sinais recebidos L' e R' .

Na concretização descrita com relação às Figuras 4 e 6, os filtros 201 e 304 podem ser filtros adaptáveis padrão no domínio temporal ou de tempo (veja por exemplo "Adaptive Filter Theory", por S. Haykin, Prentice Hall, 2001), por exemplo, um filtro adaptável conhecido do campo de cancelamento de eco. Outros exemplos de filtros incluem um filtro de FIR ou IIR fixo com uma frequência de corte e magnitude fixa ou adaptável. Alternativamente, o filtro pode ser baseado em um modelo psico-acústico do sistema audível humano ou outro filtro adequado, por exemplo usando um filtro de 10ª ordem usando 5 filtros Bi-quadráticos e uma unidade de reverberação artificial, como descrito em relação à Figura 2.

Figuras 7a-c mostram vistas esquemáticas de exemplos de um circuito de filtro para uso em uma concretização da invenção.

No exemplo da Figura 7a, o filtro 201 inclui uma combinação de um filtro 701 e um filtro de reverberação 702. Por exemplo, o filtro 701 pode ser um filtro adaptável padrão no domínio temporal ou de tempo, um filtro de FIR ou IIR fixo com uma frequência de corte e magnitude fixa ou adaptável, etc., por exemplo, um filtro passa-alto. De acordo com esta concretização, ambos os parâmetros de filtro do filtro 701 e os parâmetros do filtro de reverberação 702, tal como o tempo de reverberação denotado T_{60} , são transmitidos ao decodificador como parâmetros de filtro F_p .

No exemplo da Figura 7b, além dos filtros 701 e 702, dois circuitos de controle 703-704 são adicionados. Um circuito de controle 703 é adicionado para assegurar que a potência média do sinal residual r e a potência média da saída do refletor 702 sejam aproximadamente a mesma, por exemplo multiplicando a saída do refletor 702 com um parâmetro β_1 . Um segundo circuito de controle 704 multiplica a saída graduada do refletor com β_2 . O fator β_2 pode ser selecionado na faixa entre -3 dB e +6 dB e é determinado tal que a correlação cruzada ρ entre r e $\hat{r}$ seja tão alto quanto

possível, isto é, que os sinais r e $\hat{r}$ sejam tão semelhantes quanto possível. Conseqüentemente, o arranjo de filtro da Figura 7b adicionalmente inclui um circuito 705 para determinar a correlação cruzada ρ . O arranjo de filtro adicionalmente inclui um multiplicador 706 para gerar o produto $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$, que é saído como uma parte dos parâmetros de filtro F_p . Conseqüentemente, β_1 é um ganho que é controlado automaticamente, por exemplo comparando a média absoluta de r e $\hat{r}$, e β_2 é outro ganho que é controlado automaticamente, por exemplo, por uso do coeficiente de correlação cruzada ρ . O primeiro ganho é pretendido para assegurar que a energia de r seja preservada, isto é, que a energia do sinal predito $\hat{r}$ no receptor corresponda à energia de r . O segundo ganho é para assegurar que r e $\hat{r}$ sejam bem correlatados.

Em uma concretização, o refletor 702 e o filtro 701 podem ser fixos, isto é, não adaptados de acordo com os parâmetros de filtro F_p . Adicionalmente, β_2 pode ser fixo, por esse meio deixando o parâmetro variado lentamente β_1 como o único parâmetro adaptável que precisa ser ajustado e transmitido. Conseqüentemente, um arranjo de filtro particularmente simples é provido. É uma vantagem desta concretização que só requer cerca de metade da taxa de bit estéreo original para transmitir um sinal estéreo. É notado que variações adicionais da concretização acima podem ser usadas. Por exemplo, em uma concretização, o filtro 701 pode ser omitido.

Além disso, alternativamente ou adicionalmente à correlação ρ , outras medidas de correlação podem ser usadas para assegurar um alto grau de semelhança entre o sinal original e o sinal depois de codificação-decodificação. Por exemplo, em uma concretização, dois correlatores podem ser usados em vez de correlator 705. Um correlator pode computar a correlação cruzada ρ_{LR} dos sinais de entrada L e R . Além disso, um segundo correlator pode computar a correlação cruzada ρ'_{LR} das saídas resultantes L' e

R' do codificador-decodificador, isto é, de acordo com esta concretização, o codificador adicionalmente inclui um circuito de decodificador para determinar os sinais L' e R'. Esta concretização usa a diferença $\varepsilon_p = \rho_{LR} - \rho'_{LR}$ para controlar β_2 tal que ε_p seja mínimo. Isto é ilustrado na Figura 7c, onde o correlator da Figura 7b é substituído por circuito 707, que recebe os sinais L e R como também L' e R' como entradas e gera como uma saída um sinal indicativo da diferença ε_p . A saída ε_p de circuito 707 controla o circuito 704 para graduar o residual estimado $\hat{r}$ tal que ε_p seja minimizado. Em uma concretização, as entradas para o circuito 707 são filtradas em passa-alto, por exemplo em 250 Hz, tal que as frequências baixas tenham uma contribuição decrescente para ε_p . Como na concretização da Figura 7b, é uma vantagem desta concretização que a correlação entre a imagem estéreo resultante e a imagem estéreo original antes da codificação-decodificação é muito alta.

Figura 8 mostra uma vista esquemática de um arranjo para codificar um sinal estéreo de acordo com uma terceira concretização da invenção. O arranjo é uma variação da concretização descrita com relação à Figura 4, e inclui circuito 401 para executar uma rotação dos sinais estéreos L e R, circuito 400 para determinar o ângulo de rotação, um filtro adaptável 201, um circuito de subtração 203, um codificador 202, um codificador 205, e um circuito combinador 204, como descrito com relação à Figura 4. De acordo com esta concretização, o sinal de componente principal y não é alimentado diretamente no filtro 201. Ao invés, o arranjo adicionalmente inclui um decodificador 302 como descrito com relação à Figura 6. O decodificador 302 recebe o sinal de componente principal codificado y_e gerado pelo codificador 202 e gera o sinal principal decodificado y' , que é alimentado no filtro 201. É uma vantagem desta concretização que reduz o efeito de erros de codificação introduzidos pela codificação e decodificação do sinal y. Estes erros de codificação fazem o sinal decodificado y' ser ligeiramente diferente do sinal original y devido ao fato que o decodificador

302 na prática não é um inverso perfeito do codificador 202, isto é, $E E^{-1} \neq 1$. Conseqüentemente, aplicando uma codificação e decodificação do sinal y ao decodificador, a entrada y' para o filtro 201 corresponde à entrada y' alimentada no filtro 304 (da Figura 6) ao receptor, por esse meio melhorando o resultado da predição de $\hat{r}'$ do sinal residual no receptor. Conseqüentemente, o codificador de acordo com esta concretização pode ser usado com relação a um decodificador de acordo com a concretização da Figura 6.

Figura 9 mostra uma vista esquemática de um arranjo para codificar um sinal estéreo de acordo com uma quarta concretização da invenção. O arranjo é uma variação da concretização descrita com relação à Figura 4, e inclui circuito 401 para executar uma rotação dos sinais estéreos L e R, circuito 400 para determinar o ângulo de rotação, um filtro adaptável 201, um circuito de subtração 203, um codificador 202, um codificador 205, e um circuito combinador 204, como descrito com relação à Figura 4. De acordo com esta concretização, o sinal de componente principal y não é alimentado diretamente no filtro 201. Ao invés, o arranjo adicionalmente inclui um circuito de multiplicação 901 multiplicando o sinal residual r recebido do circuito 401 com uma constante γ , e um circuito de adição 902 para adicionar o sinal residual graduado ao sinal de componente principal y , resultando em um sinal $y + \gamma r$, que é alimentado no filtro 201. Aqui, γ é um valor positivo pequeno, por exemplo, da ordem de 10^{-2} . Em uma concretização, a constante γ é rastreada de forma adaptável. É uma vantagem desta concretização que as frequências que não estão substancialmente presentes no espectro do sinal y , mas presentes no espectro de r podem ser utilizadas na modelação do sinal residual $\hat{r}$ pelo filtro 201, por esse meio melhorando a qualidade do sinal codificado. De acordo com esta concretização, o sinal $y + \gamma r$ é alimentado no codificador 202, que gera o sinal principal decodificado y_e a ser transmitido ao receptor. Além disso, de acordo

com esta concretização, a constante γ é alimentada no combinador 204 e transmitida ao receptor.

Figura 10 mostra uma vista esquemática de um arranjo para decodificar um sinal estéreo de acordo com a quarta concretização da invenção, isto é, adequada para decodificar um sinal recebido de um codificador de acordo com a Figura 9. O arranjo inclui um circuito 301 para extrair a informação recebida do sinal combinado T, um decodificador 302, um decodificador 303, um filtro 304 e um circuito de rotação 601 como descrito com relação à Figura 6. De acordo com esta concretização, o circuito 301 adicionalmente extrai a constante γ do sinal combinado T, e o arranjo adicionalmente inclui um circuito de multiplicação 1001 para multiplicar o sinal residual predito $\hat{r}'$ gerado pelo filtro 304 com a constante recebida γ . O arranjo adicionalmente inclui um circuito 1002 para subtrair o sinal residual predito graduado resultante $\gamma \hat{r}'$ do sinal principal decodificado y' .

Figura 11 mostra uma vista esquemática de um arranjo para codificar um sinal de canal múltiplo de acordo com uma quinta concretização da invenção. O arranjo recebe um sinal de canal múltiplo incluindo n canais $S_1, \dots, S_n$. O arranjo inclui um analisador de componente principal 1100 para executar uma análise de componente principal dos componentes de sinal $S_1, \dots, S_n$, resultando em um vetor de peso $w = (w_1, \dots, w_n)$ para transformar o sinal de entrada em um sinal de componente principal e n-1 sinais residuais de $r_1, r_2, \dots, r_{n-1}$. O arranjo adicionalmente inclui um circuito de transformação 1101 recebendo os componentes de sinal de entrada $S_1, \dots, S_n$ e o vetor de peso determinado w , e gerando os sinais y e $r_1, \dots, r_{n-1}$ de acordo com a transformação acima. O sinal de componente principal y é alimentado em um conjunto de filtros adaptáveis 201, cada um predizendo um dos sinais residuais $r_1, \dots, r_{n-1}$, como descrito com relação à Figura 4, resultando em parâmetros de filtro correspondentes $F_{p1}, \dots, F_{p(n-1)}$, que são alimentados em codificadores correspondentes 205 e, subsequente, no combinador 204.

Em um decodificador correspondente (não mostrado), filtros correspondentes são usados para gerar estimativas $\hat{r}'_1, \dots, \hat{r}'_{n-1}$ dos sinais residuais baseado nos parâmetros de filtro, como descrito com relação à Figura 6. O arranjo adicionalmente inclui um codificador 202 para codificar o sinal de componente principal y , resultando em um sinal codificado y_c , que também é alimentado no combinador 204.

É compreendido que, de acordo com uma concretização, só um subconjunto de sinais residuais, por exemplo, $r_1, \dots, r_k$, $k < n-1$, pode ser transmitido ao receptor ou alimentado em filtros correspondentes, por esse meio reduzindo a taxa de bit necessária enquanto mantendo a maioria da qualidade de sinal.

Figura 12 mostra uma vista esquemática de um circuito de subtração para uso com uma concretização da invenção. Nas concretizações acima, os parâmetros de filtro são determinados comparando um sinal alvo com um sinal estimado, isto é, pelo sinal de erro e indicando a diferença entre r e $\hat{r}$ como gerado por um circuito de subtração 203. É compreendido que o circuito de subtração pode gerar medidas diferentes de diferença entre r e $\hat{r}$, por exemplo uma diferença pode ser determinada no domínio de tempo ou no domínio de frequência. Se referindo à Figura 12, o circuito 203 pode incluir circuitos 1201 para transformar os sinais r e $\hat{r}$, respectivamente, no domínio de frequência, por exemplo, executando uma transformação de Fourier rápida (FFT). Os componentes de frequência resultantes podem ser adicionalmente processados através de circuitos respectivos 1204. Por exemplo, frequências diferentes podem ser ponderadas diferentemente, preferivelmente de acordo com as propriedades do sistema audível humano, por esse meio ponderando as diferenças na faixa de frequência audível mais fortemente. Outros exemplos de processamento adicional pelos circuitos 1204 incluem um cálculo de média através de componentes de frequência predeterminados, calcular a magnitude dos componentes de frequência complexos,

agrupamento de componentes de filtro, ou similares. Por exemplo, em uma concretização preferida, um agrupamento é executado antes da subtração no domínio de frequência. Este agrupamento pode ser executado usando um banco de filtros, por exemplo, com larguras de sub-banda lineares ou logarítmicas. Alternativamente, o agrupamento pode ser executado usando a denominada largura de banda retangular equivalente (ERB) (veja por exemplo "An Introduction to the Psychology of Hearing", por Brian Moore, Academic Press, Londres, 1997). A técnica de largura de banda retangular equivalente agrupa bandas de frequência que correspondem aos filtros audíveis humanos, por exemplo, as denominadas bandas críticas. De acordo com esta concretização, o valor correspondente da ERB como uma função de frequência de centro, f (em kHz), pode ser calculado de acordo com $ERB = 24,7 (4,37 f + 1)$. Ainda se referindo à Figura 12, o circuito 203 adicionalmente inclui um circuito de subtração 1203 para subtrair os componentes de frequência processados. Alternativamente, os sinais transformados gerados pelos circuitos 1201 são alimentados diretamente no circuito de subtração 1204 sem processamento adicional. O sinal de diferença gerado pelo circuito de subtração 1204 é alimentado em um circuito de transformação 1202 para transformar o sinal de erro de volta no domínio de tempo, por exemplo, executando uma transformada de Fourier rápida inversa (IFFT). Alternativamente, o sinal de diferença no domínio de frequência pode ser usado diretamente.

É compreendido que uma pessoa qualificada pode adaptar as concretizações acima, por exemplo, adicionando ou removendo características, ou combinando características das concretizações acima. Por exemplo, é compreendido que as características introduzidas em concretizações da Figura 8 e 9 podem ser incorporadas na concretização da Figura 11 igualmente. Como outro exemplo, o sinal de erro e descrevendo a qualidade do sinal residual estimado na concretização da Figura 4 pode ser

comparado a um erro de limiar que indica um erro aceitável máximo. Se o erro não for aceitável, o sinal de erro pode, depois de codificação adequada, ser transmitido junto com o sinal T semelhante aos métodos usados dentro do campo de Codificação Preditiva Linear (LPC).

5 É adicionalmente notado que a invenção não está limitada a sinais estereofônicos, mas também pode ser aplicada a outros sinais de entrada de canal múltiplo tendo dois ou mais canais de entrada. Exemplos de tais sinais de canal múltiplo incluem sinais recebidos de um Disco Versátil Digital (DVD) ou um Super Disco Compacto de Áudio, etc. Neste caso mais
10 geral, um sinal de componente principal y e um ou mais sinais residuais r ainda podem ser gerados de acordo com a invenção. O número de sinais residuais transmitidos depende do número de canais e da taxa de bit desejada, como resíduos de ordem mais alta podem ser omitidos sem degradar significativamente a qualidade de sinal.

15 Em geral, é uma vantagem da invenção que a alocação de taxa de bit pode ser variada de forma adaptável, por esse meio permitindo degradação sutil. Por exemplo, se o canal de comunicação momentaneamente só permitir uma taxa de bit reduzida ser transmitida, por exemplo, devido a
20 tráfego de rede aumentado, ruído, ou similar, a taxa de bit do sinal transmitido pode ser reduzida sem degradar significativamente a qualidade perceptível do sinal. Por exemplo, no caso de uma fonte de som estacionária discutida acima, a taxa de bit pode ser reduzida por um fator de aproximadamente dois sem degradar significativamente a qualidade de sinal, correspondendo a transmitir um único canal em vez de dois.

25 É notado que os arranjos acima podem ser implementados como microprocessadores programáveis de propósito geral ou especial, Processadores de Sinal Digitais (DSP), Circuitos Integrados Específicos de Aplicação (ASIC), Arranjos Lógicos Programáveis (PLA), Arranjos de Porta Programáveis em Campo (FPGA), circuitos eletrônicos de propósito especial,

etc., ou uma combinação deles.

Deveria ser notado que as concretizações supracitadas ilustram em lugar de limitar a invenção, e que aqueles qualificados na técnica serão capazes de projetar muitas concretizações alternativas sem partir da extensão das reivindicações anexas. Nas reivindicações, qualquer sinal de referência colocado entre parênteses não deverá ser interpretado como limitando a reivindicação. A palavra 'incluindo' não exclui a presença de outros elementos ou etapas diferentes daquelas listadas em uma reivindicação. A invenção pode ser implementada por meio de hardware incluindo vários elementos distintos, e por meio de um computador adequadamente programado. Em uma reivindicação de dispositivo que enumera vários meios, vários destes meios podem ser concretizados por um e o mesmo item de hardware. O mero fato que certas medidas são recitadas em reivindicações dependentes mutuamente diferentes, não indica que uma combinação destas medidas não pode ser usada com vantagem.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA CODIFICAR UM SINAL DE CANAL MÚLTIPLO, incluindo pelo menos um primeiro componente de sinal (S_1) e um segundo componente de sinal (S_2), caracterizado por compreender as etapas de:

determinar um conjunto de parâmetros de filtro ($F_p, F_{p1}, \dots, F_{p(n-1)}$) de um filtro de predição (201), tal que o filtro de predição (201) proveja uma estimativa ($\hat{S}_2$) do segundo componente de sinal (S_2) ao receber o primeiro componente de sinal (S_1) como uma entrada; em que

- o dito primeiro componente de sinal (S_1) é um sinal de componente principal de um sinal de canal múltiplo de fonte incluindo vários componentes de sinal de fonte e o segundo componente de sinal (S_2) é um sinal residual correspondente;

- o método adicionalmente inclui a etapa de:

- transformar pelo menos o primeiro e segundo componentes de sinal de fonte por uma transformação predeterminada no sinal de componente principal incluindo a maioria da energia de sinal e pelo menos o sinal residual incluindo menos energia do que o sinal de componente principal, a transformação predeterminada sendo parametrizada pelo menos por um parâmetro de transformação; e

- a etapa de representar o sinal de canal múltiplo como o primeiro componente de sinal e o conjunto de parâmetros de filtro (F_p) adicionalmente inclui a etapa de representar o sinal de canal múltiplo como o sinal de componente principal, o conjunto de parâmetros de filtro (F_p), e o parâmetro de transformação.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela etapa de determinar o conjunto de parâmetros de filtro (F_p) incluir a etapa de determinar os parâmetros de filtro (F_p) tal que uma diferença do segundo componente de sinal (S_2) e do componente de sinal estimado $\hat{S}_2'$ seja

menor do que um valor predeterminado.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela etapa de representar o sinal de canal múltiplo como o primeiro componente de sinal (S_1) e o conjunto de parâmetros de filtro (F_p) adicionalmente incluir a
5 etapa de representar o sinal de canal múltiplo como o primeiro componente de sinal (S_1), o conjunto de parâmetros de filtro (F_p), e um sinal de erro (e) indicativo da diferença do segundo componente de sinal (S_2) e do componente de sinal estimado ($\hat{S}_2$), se a dita diferença não for menor do que dito valor predeterminado.

10 4. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo primeiro componente de sinal corresponder a uma primeira energia de sinal e o segundo componente de sinal (S_2) corresponder a uma segunda energia de sinal menor do que a primeira energia de sinal.

15 5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo método adicionalmente incluir a etapa de transformar pelo menos um primeiro componente de sinal (L) de fonte e um segundo componente de sinal (R) de fonte de um sinal de fonte de canal múltiplo no primeiro e segundo componentes de sinal.

20 6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela transformação predeterminada ser uma rotação e o parâmetro de transformação corresponde a um ângulo de rotação.

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela etapa de determinar um conjunto de parâmetros de filtro (F_p) adicionalmente incluir a etapa de determinar pelo menos um parâmetro de
25 graduação (β_1, β_2) para graduar a estimativa do segundo componente de sinal (S_2), tal que uma medida de correlação entre o segundo componente de sinal (S_2) e a estimativa do segundo componente de sinal (S_2) seja aumentada.

8. MÉTODO PARA DECODIFICAR INFORMAÇÃO DE SINAL DE CANAL MÚLTIPLO, caracterizado por compreender as etapas

de:

receber um primeiro componente de sinal (S_1) e um conjunto de parâmetros de filtro (F_p);

estimar um segundo componente de sinal ($\hat{S}'_2$) usando um
 5 filtro de predição (304) correspondendo ao conjunto recebido de parâmetros de filtro (F_p), o filtro de predição recebendo o primeiro componente de sinal recebido como uma entrada; em que

a etapa de receber o primeiro componente de sinal
 adicionalmente inclui a etapa de receber um parâmetro de transformação (α ,
 10 w_L , w_R , w), o primeiro componente de sinal correspondendo a um resultado de uma transformação predeterminada de pelo menos um primeiro (L) e um segundo (R) componente de sinal de fonte de um sinal de canal múltiplo de fonte, a transformação predeterminada sendo parametrizada pelo menos pelo parâmetro de transformação; e

15 o método adicionalmente inclui a etapa de gerar um primeiro (L') e um segundo (R') componente de sinal decodificado transformando inversamente o primeiro componente de sinal recebido (S_1) e o segundo componente de sinal estimado ($\hat{S}'_2$).

9. ARRANJO PARA CODIFICAR UM SINAL DE CANAL
 20 MÚLTIPLO, incluindo pelo menos um primeiro componente de sinal (S_1) e um segundo componente de sinal ($S_2, \dots, S_n$), caracterizado por compreender:

um filtro de predição para estimar o segundo componente de
 sinal ($S_2, \dots, S_n$), o filtro de predição correspondendo a um conjunto de
 parâmetros de filtro (F_p) e recebendo o primeiro componente de sinal como
 25 uma entrada ; em que

- o dito primeiro componente de sinal é um sinal de
 componente principal de um sinal de canal múltiplo de fonte incluindo vários
 componentes de sinal de fonte e o segundo componente de sinal é um sinal
 residual correspondente; e

- o arranjo adicionalmente compreende meios para transformar pelo menos o primeiro e segundo componentes de sinal de fonte por uma transformação predeterminada no sinal de componente principal incluindo a maioria da energia de sinal e pelo menos o sinal residual (r) incluindo menos energia do que o sinal de componente principal (y), a transformação predeterminada sendo parametrizada pelo menos por um parâmetro de transformação; e

meio de processamento para representar o sinal de canal múltiplo como o principal componente de sinal (y), o conjunto de parâmetros de filtro (F_p), e o parâmetro de transformação.

10. ARRANJO PARA DECODIFICAR UM SINAL DE CANAL MÚLTIPLO, correspondendo a pelo menos dois componentes de sinal, caracterizado por compreender:

meio de recepção (108, 106) para receber um primeiro componente de sinal (S_1) do sinal de canal múltiplo e um conjunto de parâmetros de filtro (F_p);

um filtro de predição (201) para estimar um segundo componente de sinal do sinal ($\hat{S}'_2$) de canal múltiplo, o filtro de predição (201) recebendo o conjunto recebido de parâmetros de filtro (F_p) e o primeiro componente de sinal recebido S_1' como uma entrada; em que

- o meio de recepção é disposto para receber um parâmetro de transformação, o primeiro componente de sinal correspondendo a um resultado de uma transformação predeterminada de pelo menos um primeiro e um segundo componente de sinal de fonte de um sinal de canal múltiplo de fonte, a transformação predeterminada sendo parametrizada pelo menos por um parâmetro de transformação; e

- o arranjo compreendendo adicionalmente meios para gerar um primeiro e um segundo componente de sinal decodificado transformando inversamente o primeiro componente de sinal recebido (S_1) e o segundo

componente de sinal estimado $\hat{S}_2'$.

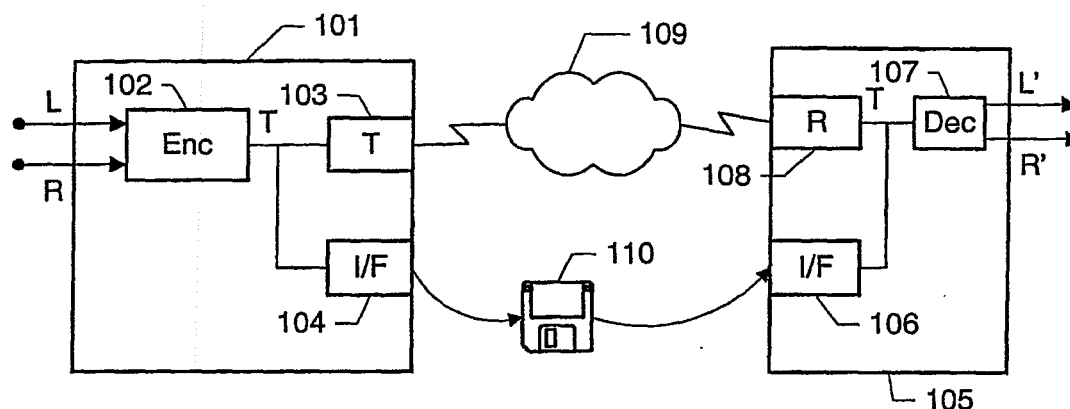


Fig. 1

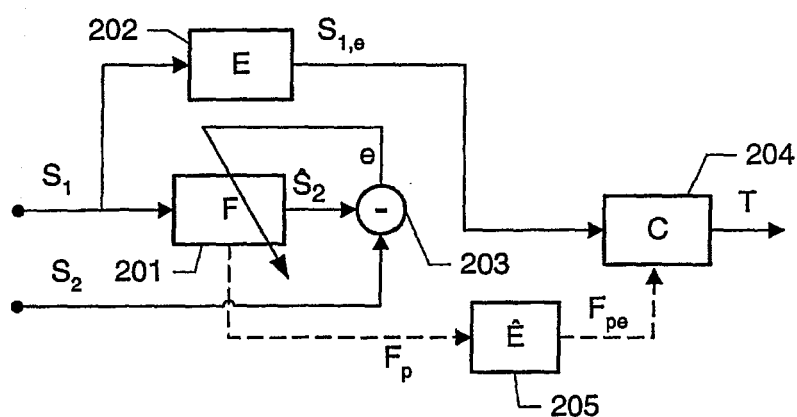


Fig. 2

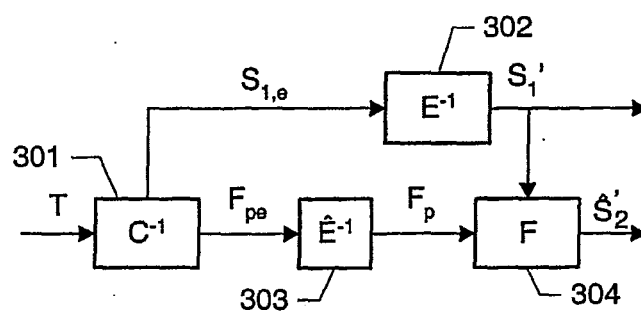


Fig. 3

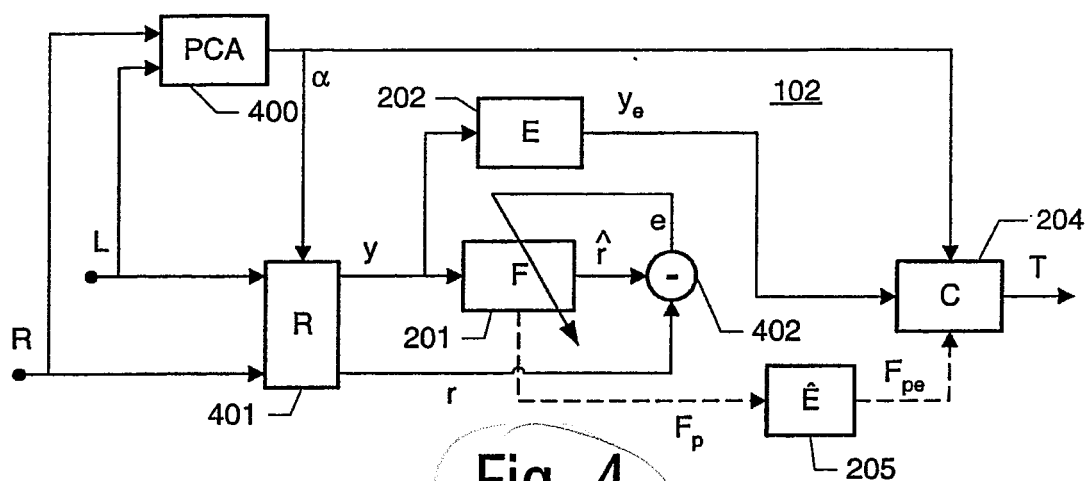


Fig. 4

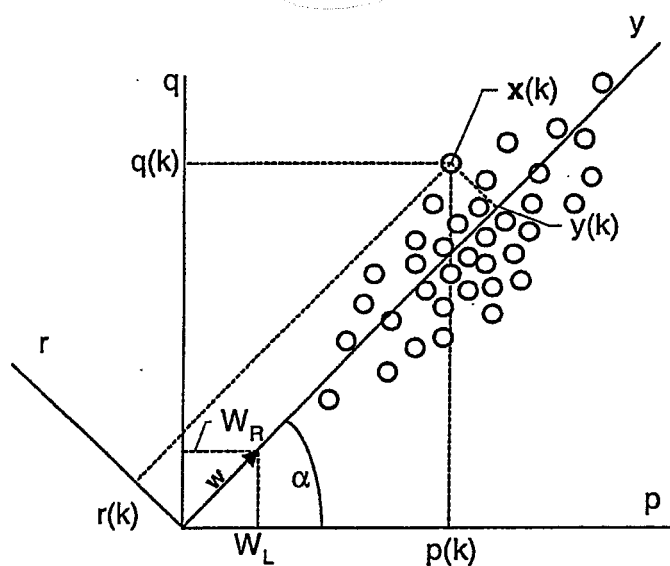


Fig. 5

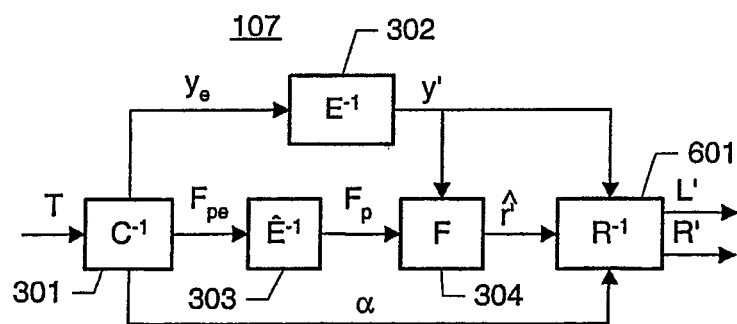


Fig. 6

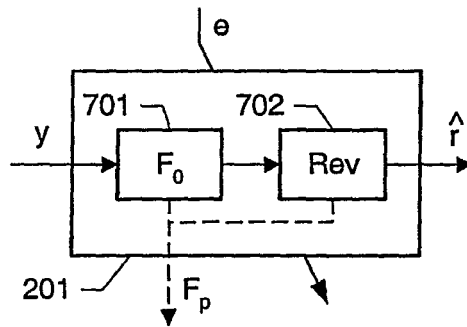


Fig. 7a

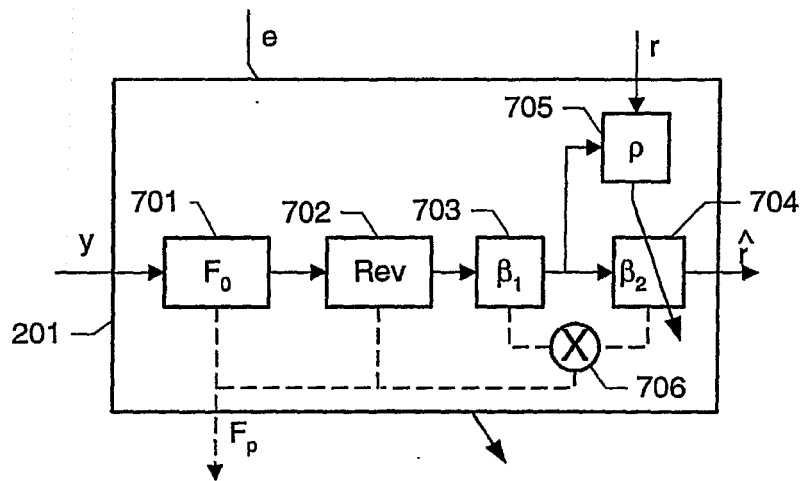


Fig. 7b

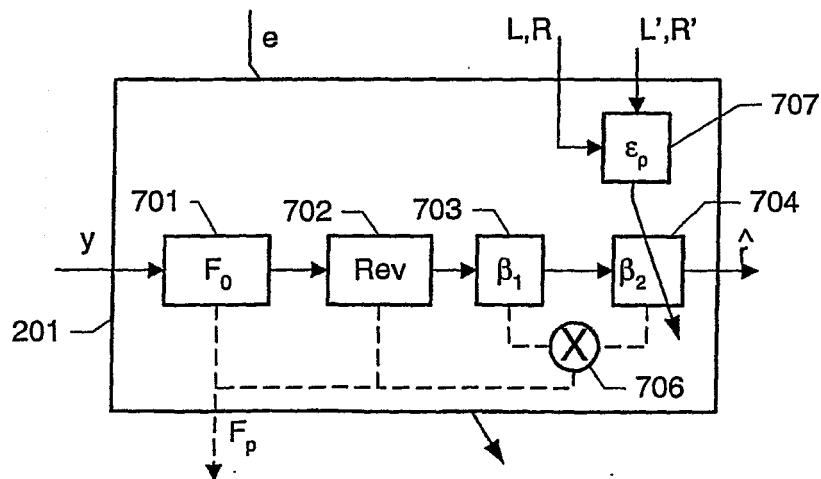
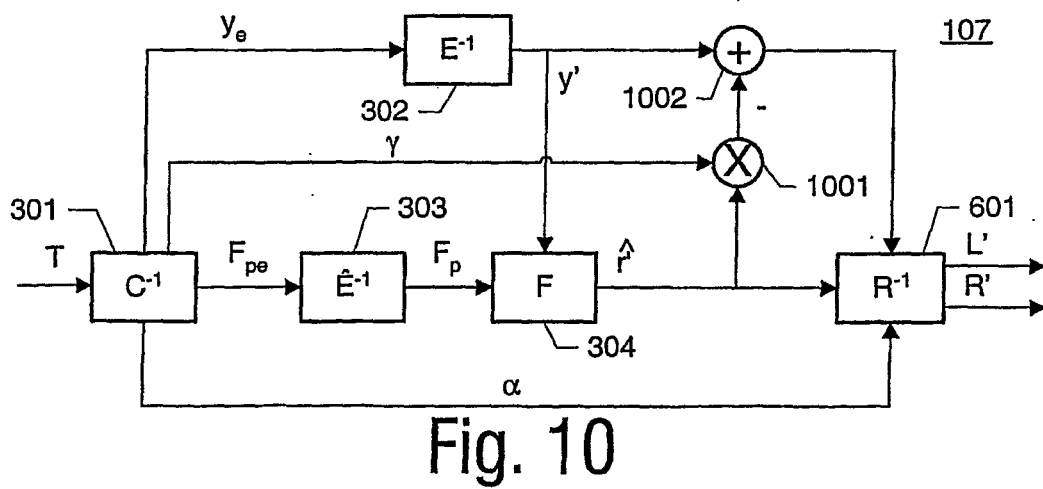
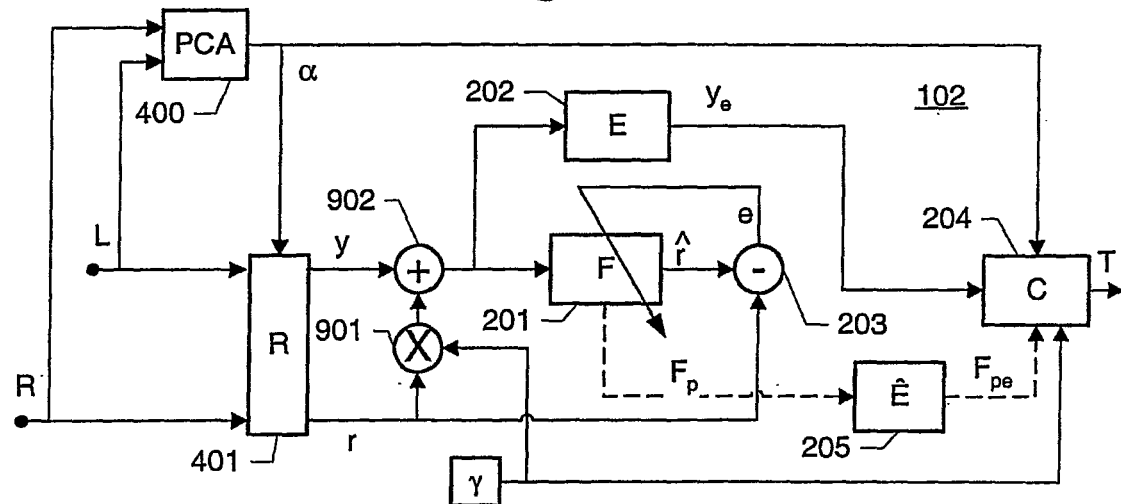
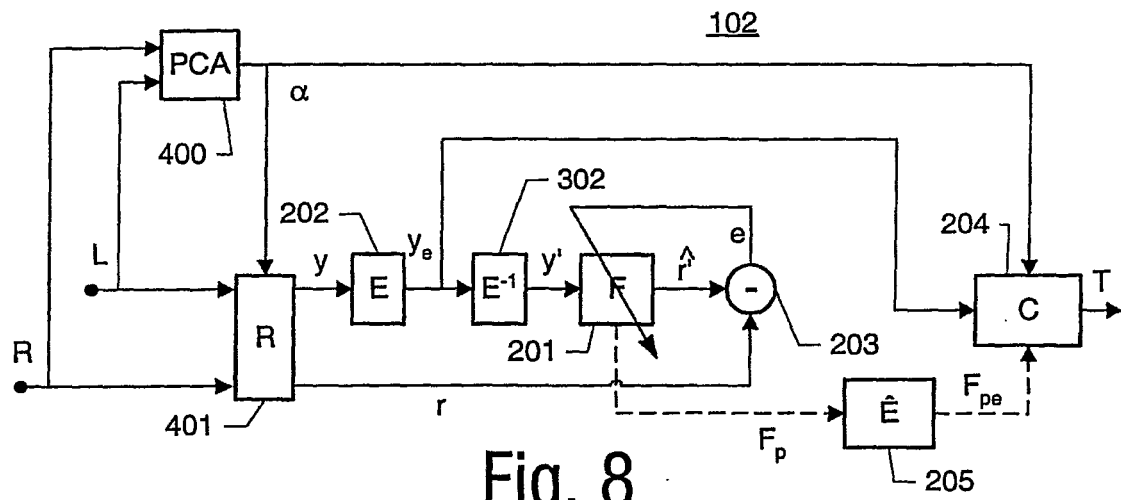


Fig. 7c



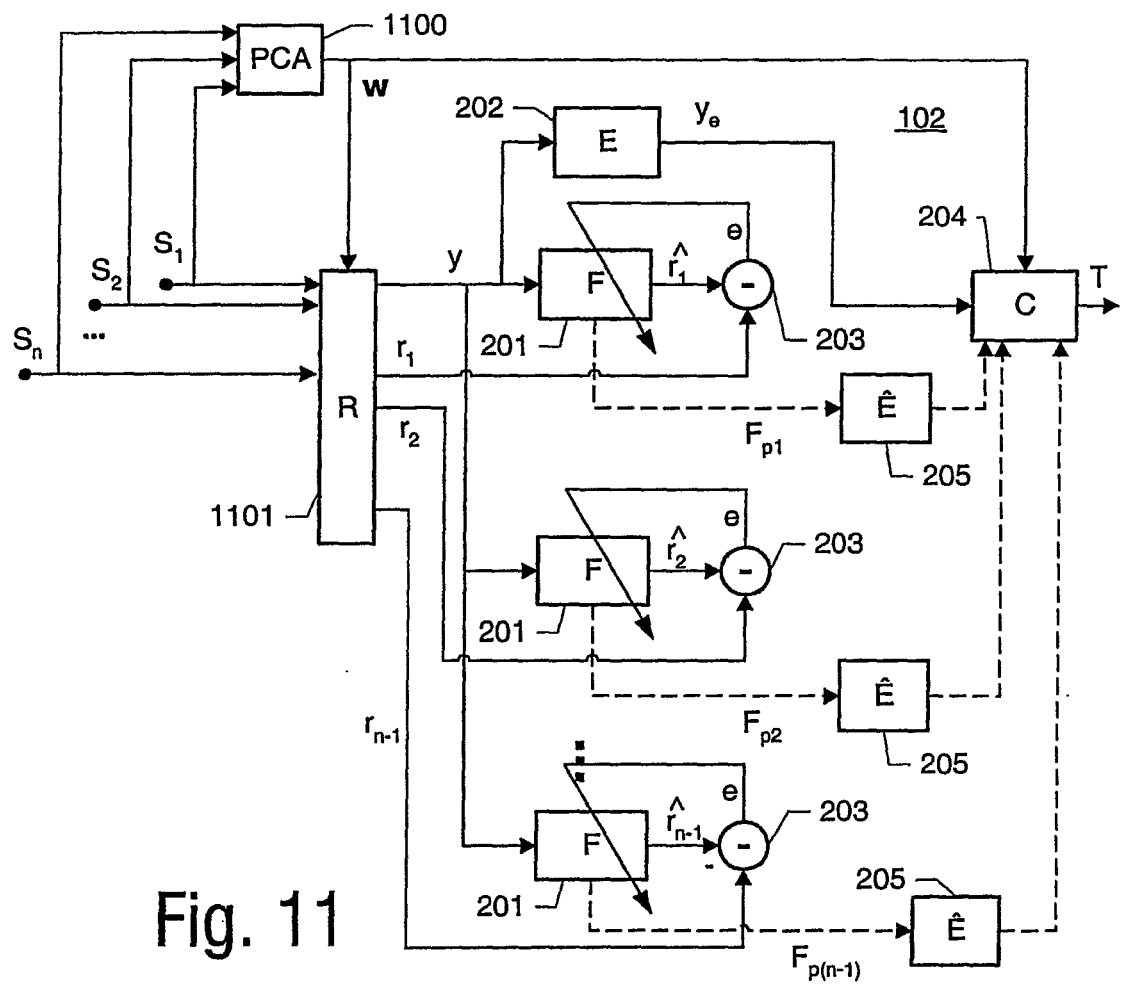


Fig. 11

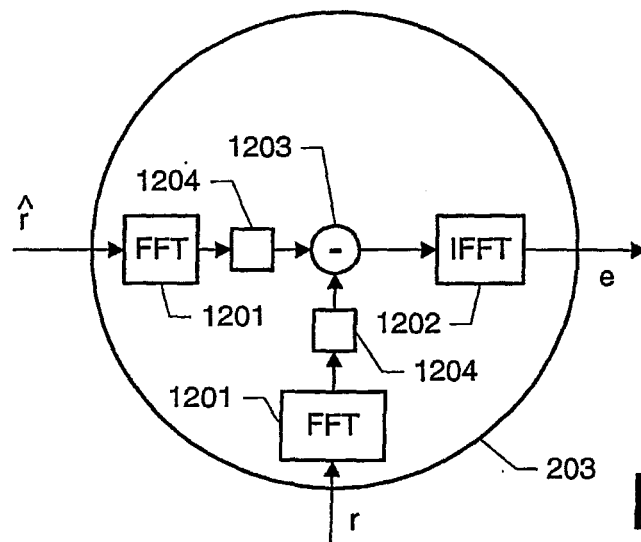


Fig. 12