



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

(11) PI 0913228-7 B1



(22) Data do Depósito: 29/05/2009

(45) Data de Concessão: 15/09/2020

(54) Título: MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE UMA MENSAGEM DE DADOS INCORPORADOS EM UM SINAL DE ÁUDIO E APARELHO RECEPTOR

(51) Int.Cl.: G10L 19/00.

(30) Prioridade Unionista: 28/11/2008 GB 0821841.4; 29/05/2008 GB PCT/GB2008/001820; 31/07/2008 GB 0814041.0.

(73) Titular(es): INTRASONICS S.À.R.L..

(72) Inventor(es): PETER JOHN KELLY; MICHAEL REYMOND REYNOLDS; CHRISTOPHER JOHN JOSEPH SUTTON.

(86) Pedido PCT: PCT GB2009001354 de 29/05/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/144470 de 03/12/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/11/2010

(57) Resumo: APARELHO PARA E MÉTODO DE INCORPORAÇÃO DE UMA PLURALIDADE DE VALORES DE DADOS EM UM SINAL DE ÁUDIO, PRODUTO COM INSTRUÇÕES COMPUTACIONAIS EXECUTÁVEIS E MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DA DITA PLURALIDADE DE VALORES DE DADOS INCORPORADOS EM UM SINAL DE ÁUDIO. A presente invenção se refere a um sistema de ocultação de dados para ocultação de dados dentro de um sinal de áudio. O sistema pode ser usado para marcação d'água, comunicação de dados, avaliação de audiência, etc. O sistema oculta dados em um sinal de áudio pela adição de ecos artificiais, cuja polaridade varia com os dados a serem ocultados. Em uma modalidade, cada valor dos dados é representado por um eco positivo e um eco negativo possuindo diferentes retardos. Um receptor pode, então, remover os efeitos dos ecos naturais e/ou periodicidades no sinal de áudio por meio de medições diferenciais obtidas nos diferentes retardos.

“MÉTODO DE RECUPERAÇÃO DE UMA MENSAGEM DE DADOS INCORPORADOS EM UM SINAL DE ÁUDIO E APARELHO RECEPTOR”.

[0001] A presente invenção se refere a um sistema para incorporação de dados em um sinal de áudio e para sua subsequente recuperação, que pode ser usada para marcação d'água, comunicações de dados, avaliação de audiência etc. A invenção possui relevância particular, a um sistema para ocultação de dados em um sinal de áudio pela adição de ecos ao sinal de áudio e a um sistema para recuperação do dado oculto através da detecção dos ecos adicionados.

[0002] O documento US 5,893,067 revela uma técnica para ocultação de dados dentro de um sinal de áudio para transmissão a um receptor remoto. O dado é oculto no sinal de áudio pela adição de um eco artificial ao sinal de áudio e variação da amplitude e/ou retardo do eco de acordo com o dado a ser oculto.

[0003] Um problema com a técnica de ocultação de dados descrita no documento US 5,893,067 é que na maioria das situações, ecos naturais podem mascarar os ecos artificiais tornando difícil para o receptor ser capaz de identificar os ecos artificiais e, portanto, recuperar os dados ocultos.

[0004] A presente invenção visa prover uma técnica alternativa de ocultação de dados. Uma modalidade da invenção pelo menos alivia o problema acima pela aplicação de ecos de polaridade oposta para representar cada valor dos dados.

[0005] De acordo com um aspecto, a presente invenção provê um método de incorporar um valor dos dados em um sinal de áudio, o método compreendendo: geração de um eco de pelo menos uma parte do sinal de áudio recebido; e incorporação do valor dos dados no sinal de áudio pela combinação do sinal de áudio recebido com o eco gerado; em que o valor dos dados é incorporado no áudio pela variação da polaridade do eco que é combinada com o sinal de áudio na dependência do valor dos dados. Os inventores verificaram que usando modulação de polaridade para incorporar o

dado no sinal de áudio pode tornar a recuperação do dado incorporado mais fácil no receptor, especialmente na presença de ecos naturais causados, por exemplo, por acústicas do ambiente. A modulação da polaridade pode ser alcançada variando o eco que é gerado e/ou variando a trajetória na qual o eco é combinado com o sinal de áudio.

[0006] Em uma modalidade, a etapa de geração gera um primeiro eco de pelo menos uma parte do sinal de áudio recebido e um segundo eco de pelo menos uma parte do sinal de áudio recebido, os primeiro e segundo ecos possuindo respectivamente primeira e segunda polaridades, cujas polaridades variam na dependência do valor dos dados; e em que a etapa de incorporação incorpora o valor dos dados no sinal de áudio pela combinação do sinal de áudio recebido com os primeiro e segundo ecos gerados.

[0007] Cada um dos ecos pode ser gerado pela repetição de pelo menos uma parte do dito sinal de áudio. O primeiro eco pode ser gerado pela repetição de uma primeira parte do sinal de áudio e o segundo eco pode ser gerado pela repetição de uma segunda parte do dito sinal de áudio. Alternativamente, os primeiro e segundo ecos podem ser gerados pela repetição substancial da mesma primeira parte do sinal de áudio. Onde o sinal de áudio é recebido como um fluxo de amostras, o ou cada eco pode ser gerado passando o fluxo de amostras de áudio através de uma linha de retardo.

[0008] Em uma modalidade, podem ser gerados terceiro e quarto ecos, o terceiro eco possuindo a mesma polaridade conforme o dito segundo eco e o quarto eco possuindo a mesma polaridade conforme o dito primeiro eco. Neste caso, o terceiro e quarto ecos podem ser gerados pela repetição substancial da mesma segunda parte do sinal de áudio, que é diferente da primeira parte repetida pelos primeiro e segundo ecos. A segunda parte do sinal de áudio pode ser adjacente à primeira parte. A etapa de geração pode gerar o terceiro e quarto ecos pela inversão da polaridade de um fator de ganho aplicado os ecos antes de serem combinados com o sinal de áudio.

[0009] O primeiro eco pode ser combinado com o sinal de áudio em um primeiro retardo em relação à primeira parte do sinal de áudio; o segundo eco pode ser combinado com o sinal de áudio em um segundo retardo em relação ao dito primeiro eco; o terceiro eco pode ser combinado com o dito sinal de áudio em um terceiro retardo em relação à dita segunda parte do sinal de áudio; e o quarto eco pode ser combinado com o sinal de áudio em um quarto retardo em relação ao terceiro eco. O primeiro retardo pode ser igual ao dito terceiro retardo e/ou o segundo retardo pode ser igual ao dito quarto retardo. Em uma modalidade, os retardos e as amplitudes dos ecos são independentes do valor dos dados.

[0010] Preferivelmente, o primeiro e terceiro retardos são entre 0,5 ms e 100 ms e mais preferivelmente entre 5 ms e 40 ms; e o segundo e quarto retardos retardados (em relação aos primeiro e terceiro ecos, respectivamente) por entre 0,125 ms e 3 ms e mais preferivelmente entre 0,25 ms e 1 ms, visto que esses retardos são similares àqueles dos ecos naturais e, assim, são menos perceptíveis aos usuários. Em uma modalidade, o ou cada eco possui uma amplitude que é inferior à amplitude do dito sinal de áudio. Preferivelmente, o ou cada eco é intensificado gradativamente ou enfraquecido gradativamente para reduzir a interferência dos ecos a um ouvinte.

[0011] As primeira e segunda porções dos sinais de áudio devem ser longas o suficiente para o receptor ser capaz de detectar a presença dos ecos, mas não tão longas a ponto de reduzir excessivamente a taxa de transferência de dados que pode ser comunicada. Os inventores verificaram que os ecos com durações entre 20 ms e 500 ms provêm uma taxa de transferência de dados razoável enquanto mantêm um mínimo de erros de transmissão de dados quando ocorre transmissão durante um *link* acústico. Se a transmissão for acima de um *link* elétrico, então, ecos mais curtos podem ser usados.

[0012] Os ecos podem ser combinados com o sinal de áudio pela adição e/ou subtração dos ecos para/do sinal de áudio. A polaridade de cada eco pode

ser, portanto, controlada controlando a trajetória na qual cada eco é combinado com o sinal de áudio.

[0013] Esse aspecto da invenção provê também um produto com instruções computacionais executáveis compreendendo instruções computacionais executáveis para fazer com que o dispositivo computacional programável execute o método descrito acima.

[0014] Esse aspecto também provê um aparelho para incorporação de um valor de dado em um sinal de áudio, o aparelho compreendendo: um gerador de eco operável para gerar um eco de pelo menos uma parte do sinal de áudio recebido; e um combinador operável para combinar o sinal de áudio recebido com os primeiro e segundo ecos para incorporar o valor de dados no sinal de áudio; em que o gerador de eco e/ou combinador são dispostos de modo que o valor de dados seja incorporado no áudio pela variação da polaridade do eco que é combinado com o sinal de áudio na dependência do valor de dados.

[0015] De acordo com outro aspecto, a presente invenção provê um método para recuperação de um valor de dados incorporado em um sinal de áudio, o método compreendendo: recebimento de um sinal de entrada possuindo o sinal de áudio e um eco de pelo menos parte do sinal de áudio, cuja polaridade depende do dito valor de dados; processamento do sinal de entrada recebido para determinar a polaridade do eco; e recuperação do valor de dados a partir de determinada polaridade.

[0016] O sinal de entrada pode compreender um primeiro eco de pelo menos uma parte do sinal de áudio e um segundo eco de pelo menos uma parte do sinal de áudio, os primeiro e segundo ecos possuindo primeira e segunda polaridades, respectivamente, cujas polaridades variam em dependência do valor de dados; e em que a etapa de processamento processa o sinal de entrada para combinar os primeiro e segundo ecos e determinar a polaridade dos ecos combinados e em que a etapa de recuperação recupera o valor de dados a partir de determinada polaridade dos ecos combinados.

[0017] Em uma modalidade, a etapa de processamento processa o sinal de entrada para determinar uma primeira medida de autocorrelação que depende do primeiro eco e uma segunda medida de autocorrelação que depende do segundo eco e combina os ecos através da diferença das primeira e segunda medições de autocorrelação e determina a polaridade dos ecos combinados pela determinação da polaridade dos resultados da etapa de diferenciação.

[0018] O primeiro eco pode ser de uma primeira parte do sinal de áudio e o segundo eco pode ser de uma segunda parte do sinal de áudio. Alternativamente, os primeiro e segundo ecos podem ser repetidos substancialmente da mesma parte do sinal de áudio.

[0019] Em uma modalidade, o sinal de entrada compreende primeiro, segundo, terceiro e quarto ecos, os primeiro e quarto ecos possuindo a mesma polaridade e os segundo e terceiro ecos possuindo a mesma polaridade a qual é oposta à polaridade dos primeiro e quarto ecos, em que a etapa de processamento processa o sinal de entrada para combinar os primeiro e quarto ecos e determinar a polaridade dos ecos combinados e em que a etapa de recuperação recupera o valor de dados a partir da determinada polaridade dos ecos combinados.

[0020] Nesta modalidade, a etapa de processamento pode processar o sinal de entrada para determinar uma primeira medição de autocorrelação que depende do primeiro eco, uma segunda medição de autocorrelação que depende do segundo eco, uma terceira medição de autocorrelação que depende do terceiro eco e uma quarta medição de autocorrelação que depende do quarto eco e combina os ecos pela diferença das medições de autocorrelação e determina a polaridade dos ecos combinados pela determinação da polaridade de um resultado da etapa de diferenciação.

[0021] A etapa de diferenciação pode executar uma primeira diferença das primeira e terceira medições de autocorrelação, uma segunda diferença das segunda e quarta medições de autocorrelação, uma terceira diferença do

resultado da dita primeira diferença e o resultado da segunda diferença e em que a polaridade dos ecos combinados pode ser determinada a partir da polaridade de um resultado da terceira diferença.

[0022] Os primeiro e segundo ecos podem ser repetições substancialmente da mesma primeira parte do sinal de áudio e os terceiro e quarto ecos podem ser repetições substancialmente da mesma segunda parte do sinal de áudio. Alternativamente, os primeiro e terceiro ecos podem ser repetições substancialmente da mesma primeira parte do sinal de áudio e os segundo e quarto ecos podem ser repetições substancialmente da mesma segunda parte do sinal de áudio. Em uma modalidade, o ou cada eco é intensificado gradativamente ou enfraquecido gradativamente para reduzir a interferência dos ecos para um ouvinte. Nesse caso, a polaridade do eco pode ser determinada quando a amplitude do eco está em ou próxima a um máximo.

[0023] O primeiro eco pode ser retardado em relação à dita primeira parte do sinal de áudio por um primeiro retardo; o segundo eco pode ser retardado em relação ao primeiro eco por um segundo retardo; o terceiro eco pode ser retardado em relação à segunda parte do sinal de áudio por um terceiro retardo; e o quarto eco pode ser retardado em relação ao terceiro eco por um quarto retardo. O primeiro retardo pode ser igual ao terceiro retardo e/ou o segundo retardo pode ser igual ao dito quarto retardo.

[0024] De acordo com esse aspecto, um produto com instruções computacionais executáveis é também provido compreendendo instruções computacionais executáveis para fazer com que um dispositivo programável computacional realize o método acima.

[0025] Esse aspecto também provê um aparelho para recuperação de um valor de dados incorporado em um sinal de áudio, o aparelho compreendendo: uma entrada para recebimento de um sinal de entrada possuindo o sinal de áudio e um eco de pelo menos uma parte do sinal de áudio, cuja polaridade depende do dito valor de dados; um processador operável para processar o sinal de entrada para determinar a polaridade do

eco; e um regenerador de dados operável para recuperar o valor de dados a partir da determinada polaridade.

[0026] Esses e outros aspectos da invenção se tornarão aparentes para aqueles versados na técnica a partir da descrição detalhada das modalidades exemplificativas a seguir, que estão descritas em referência aos seguintes desenhos em que:

[0027] A figura 1 ilustra um diagrama em bloco dos componentes principais de um transmissor e receptor usados em uma modalidade exemplificativa;

[0028] A figura 2a é um gráfico de impulso ilustrando os ecos que são adicionados a um sinal de áudio para codificar um “um” binário;

[0029] A figura 2b é um gráfico de impulso ilustrando os ecos que são adicionados a um sinal de áudio para codificar um “zero” binário;

[0030] A figura 3a é um gráfico de impulso ilustrando a presença de ecos artificiais para um “um” binário após a codificação Manchester e ilustrando ecos naturais;

[0031] A figura 3b é um gráfico de impulso ilustrando a presença de ecos artificiais para um “zero” binário após a codificação Manchester e ilustrando ecos naturais;

[0032] A figura 4 é um diagrama em blocos ilustrando em mais detalhes a codificação executada no transmissor mostrado na figura 1;

[0033] A figura 5 é um diagrama em blocos ilustrando os componentes principais de uma geração de eco e módulo de formação formando parte do transmissor mostrado na figura 1;

[0034] A figura 6a ilustra uma função de formação e modulação que é aplicada nos ecos antes de serem combinados com o sinal de áudio quando um “um” binário deve ser transmitido;

[0035] A figura 6b ilustra uma função de formação e modulação que é aplicada nos ecos antes de serem combinados com o sinal de áudio quando um “zero” binário deve ser transmitido;

[0036] A figura 6c ilustra a forma na qual a função de formação e modulação varia quando dois “uns” binários consecutivos devem ser transmitidos;

[0037] A figura 6d ilustra a função de formação e modulação que é aplicada quando um “zero” binário é transmitido após um “um” binário;

[0038] A figura 7 ilustra o processamento executado no receptor mostrado na figura 1 para recuperação dos dados ocultos do sinal de áudio recebido;

[0039] A figura 8a em um gráfico de autocorrelação para um sinal de áudio típico sem ecos artificiais;

[0040] A figura 8b é um gráfico de autocorrelação para o sinal de áudio com ecos artificiais durante uma primeira metade de um símbolo bit;

[0041] A figura 8c é um gráfico de autocorrelação para o sinal de áudio com ecos artificiais durante uma segunda metade do símbolo bit;

[0042] A figura 8d é um gráfico obtido subtraindo o gráfico de autocorrelação na figura 8c do gráfico de autocorrelação mostrado na figura 8b;

[0043] A figura 9 é um diagrama em blocos ilustrando uma forma alternativa do receptor usado para receber e recuperar o dado oculto incorporado no sinal de áudio;

[0044] A figura 10 é um gráfico ilustrando a trajetória na qual uma contagem de erros FEC varia durante um processo de sincronização usado para encontrar a mensagem de sinal oculto dentro do sinal de entrada; e

[0045] As figuras 11a e 11b ilustram o processamento executado respectivamente por um codificador FEC e um decodificador FEC em uma modalidade.

Sumário

[0046] A figura 1 é um diagrama em bloco ilustrando um sistema transmissor e receptor de acordo com uma modalidade na qual o transmissor 1 transmite os dados ocultos dentro de um sinal acústico 3 a um receptor remoto 5. O transmissor 1 pode formar parte de uma rede de distribuição de televisão

ou radio e o receptor pode ser um dispositivo portátil tal como um aparelho de telefone celular que é capaz de detectar o sinal acústico 3 enviado pelo transmissor 1.

O transmissor

[0047] Como mostrado na figura 1, o transmissor 1 inclui um módulo codificador de correção antecipada de erro (FEC) 7, que recebe e codifica os dados de entrada a serem transmitidos para o receptor remoto 5. A emissão dos dados codificados de mensagem do módulo de codificação FEC 7 é, então, passada para um módulo de geração e formação de ecos 9, que também recebe um sinal de áudio, no qual os dados codificados da mensagem devem ser ocultados. O módulo de geração e formação de ecos 9, então, oculta os dados da mensagem no áudio pela geração de ecos do áudio que dependem dos dados da mensagem a serem transmitidos. Os ecos gerados são, então, combinados com o sinal original de áudio em um módulo combinador 11 e o sinal de áudio modificado resultante é, então, passado para um módulo controlador de ganho 13 para controle de ganho adequado. O sinal de áudio é, então, convertido de um sinal digital para um sinal analógico pelo conversor digital para analógico 15 e é, então, amplificado por um módulo controlador 17 para controle de um altofalante 19 que gera o sinal acústico 3 possuindo os dados ocultados neste.

[0048] Como será descrito em mais detalhes abaixo, nessa modalidade, a polaridade dos ecos (como oposto ao seu retardo e/ou amplitude) é variado para codificar os dados a serem transmitidos. Os inventores verificaram que essa modulação de polaridade pode ser mais robusta na presença dos ecos naturais e periodicidades no sinal de áudio. Esse é particularmente o caso quando cada valor de dados é representado por dois ecos de mesma magnitude, mas com diferentes retardos e polaridades opostas. As polaridades dos ecos que representam cada bit de mensagem são invertidas para distinguir entre um zero binário e um “um” binário. Isso é ilustrado pelos gráficos de impulso ilustrados na Figura 2. Em particular, a Figura 2a é um gráfico de

impulso que ilustra os sinais componentes que estão presentes quando um “um” binário deve ser transmitido e a figura 2b é um gráfico de impulso que ilustra os sinais componentes presentes quando um zero binário deve ser transmitido. Conforme mostrado na figura 2a, os sinais componentes incluem um pulso inicial 21 que representa o sinal de áudio original seguido por dois impulsos de menor amplitude 23-1 e 23-2 que representam dos dois ecos do componente de sinal original 21 que são adicionados ao sinal de áudio. Como pode ser visto comparando as figuras 2a e 2b, quando um “um” binário deve ser transmitido, um eco positivo 23-1 é transmitido primeiro seguido por um eco negativo 23-2; e ao transmitir um zero binário um eco negativo 23-1 é transmitido primeiro seguido por um eco positivo 23-2. Embora isso possa ser invertido, se desejado.

[0049] Como mostrado na figura 2, nesta modalidade, o primeiro eco é adicionado com um retardo de aproximadamente 10 milissegundos e o segundo eco é adicionado 0,25 milissegundos após o primeiro eco. Este é o mesmo, independentemente de se um “um” binário ou um zero binário for para ser transmitido. Adicionalmente, como representado na figura 2, nesta modalidade, os ecos que são adicionados possuem amplitudes menores em comparação com a amplitude do sinal de áudio original. Em particular, nesta modalidade, a amplitude dos ecos é aproximadamente um terço do que o sinal de áudio original.

O receptor

[0050] A figura 1 também ilustra os componentes principais do receptor 5. Como mostrado, o receptor inclui um microfone 31 para detecção do sinal acústico 3 e para convertê-lo em um sinal elétrico correspondente que é, então, filtrado e amplificado pelo circuito de filtro e amplificação 33. A saída do circuito de filtro e amplificação 33 é, então, digitalizada por um conversor analógico-digital 35 e as amostras digitais são, então, passadas para um detector de eco 37. O detector de eco 37, então, processa as amostras digitais para identificar as polaridades dos ecos no sinal recebido. Essa informação é, então, passada

através de um módulo de recuperação de dados 39 que processa a informação de eco para recuperar os dados codificados de mensagem. Esse dado de mensagem é, então, decodificado por um decodificador 41 para recuperar os dados originais que foram inseridos no módulo de decodificação FEC do transmissor 1.

Codificação Manchester

[0051] Como será explicado em maiores detalhes abaixo, o detector de eco 37 detecta os ecos do sinal recebido calculando a autocorrelação do sinal recebido nos retardos específicos. No entanto, ecos naturais (por exemplo, ecos do ambiente) também contribuirão para os valores de autocorrelação, assim, calculados como periodicidades da faixa de áudio original. Para distinguir os ecos artificiais que representam os dados codificados desses ecos naturais, os dados de mensagem são também codificados Manchester de modo que um valor dos dados de mensagem de “1” seja transmitido como um “1”, seguido por um “0” (ou vice-versa), enquanto que um valor dos dados de mensagem de “0” seja transmitido como um “0” seguido por um “1”. Nesta modalidade, essa codificação Manchester é executada pelo módulo de geração e formação de eco 9. Portanto, quando um valor de bit de mensagem de “0” deve ser transmitido, para a primeira metade do símbolo, o primeiro eco 23-1 é de polaridade positiva e o segundo eco 23-2 é de polaridade negativa, enquanto que para a segunda metade do símbolo, o primeiro eco 23-1 é de polaridade negativa e o segundo eco 23-2 é de polaridade positiva. Para transmitir um valor de bit de mensagem de “0”, todas as polaridades são invertidas, conforme resumido na tabela dada abaixo:

Valor de dados	Primeira metade do símbolo		Segunda metade do símbolo	
	Polaridade do primeiro eco	Polaridade do segundo eco	Polaridade do primeiro eco	Polaridade do segundo eco
0	Positiva	Negativa	Negativa	Positiva

1	Negativa	Positiva	Positiva	Negativa
---	----------	----------	----------	----------

[0052] A razão pela qual a codificação Manchester pode ajudar a distinguir os ecos artificiais dos ecos naturais que é os ecos naturais serão estáveis durante as duas metades dos períodos do símbolo. Assim, subtrair as autocorrelações na segunda metade do símbolo a partir das autocorrelações na primeira metade do símbolo (ou vice-versa), cancelará o efeito dos ecos naturais e periodicidades, enquanto os picos de autocorrelação causados pelos ecos artificiais somarão construtivamente. Da mesma forma, o argumento para o uso de dois ecos em cada meio período do símbolo é para distinguir os ecos artificiais das periodicidades na faixa original. Tipicamente, a autocorrelação da faixa original não mudará significativamente entre esses dois retardos (ou seja, entre 10 ms e 10,25 ms). Assim, pela diferenciação das autocorrelações nos dois retardos, o efeito das periodicidades é reduzido e os picos de autocorrelação causados pelos dois ecos se somam construtivamente.

[0053] As figuras 3a e 3b são gráficos de impulso mostrando as duas metades dos símbolos e os ecos artificiais 23 que são adicionados dentro de cada meio período do símbolo para representar um "1" binário e um "0" binário, respectivamente. As figuras 3a e 3b também ilustram os ecos naturais 25-1 e 25-2 que não mudam de um meio período para o próximo. Assim, subtraindo os ecos em uma metade do período do símbolo dos ecos correspondentes (ou seja, aqueles com o mesmo retardo ou atraso) na outra metade do período do símbolo, cancelará o efeito dos ecos e periodicidades naturais, enquanto que os ecos artificiais somarão construtivamente, tornando-o, com isso, mais fácil para detectar os dados ocultos.

[0054] A descrição acima provê uma visão geral das técnicas de codificação e decodificação usadas na presente modalidade. Uma descrição mais detalhada será agora dada dos componentes principais do transmissor 1 e receptor 5 para executar os processos de codificação e decodificação descritos acima.

Codificador FEC

[0055] A figura 4 é um diagrama de bloco ilustrando os componentes principais do módulo codificador FEC 7 usado nesta modalidade. Como mostrado, o primeiro módulo de codificação é um módulo de codificação Reed-Solomon 51 que usa um código de bloco reduzido (13, 6) para representar os dados de entrada. A saída dos dados do codificador Reed-Solomon 51 é, então, passada para um codificador convolucional 53 que executa a codificação convolucional nos dados. A saída de bits de dados do codificador convolucional 53 é, então, intercalada uma com a outra por um módulo de intercalação de dados 55 para proteger contra os erros que ocorrem em rajadas. Finalmente, um módulo somador de sincronização de dados 57 soma uma sequência de bits de sincronização que ajudarão o receptor 5 a confinar os dados codificados dentro do sinal acústico recebido 3. A saída do módulo somador de sincronização de dados 57 representa os dados de mensagem que são, então, passados para o módulo de formação e geração de eco 9 mostrado na figura 1.

Formação e Geração de Eco

[0056] A figura 5 é um diagrama em bloco que ilustra os componentes principais do módulo de formação e geração de eco 9 e o módulo combinador 11 mostrados na figura 1. O sinal de entrada de áudio é representado pela sequência de amostras de áudio $a(n)$ que é aplicada a uma unidade de 10 milissegundos de retardo 61 e ao somador 63 (correspondendo ao combinador 11 mostrado na figura 1). A unidade de 10 milissegundos de retardo 61 retarda a amostra de entrada $a(n)$ por 10 milissegundos que, então, envia para uma unidade de 0,25 milissegundos de retardo 65 e para um subtrator 67. A unidade de 0,25 milissegundos de retardo 65 retarda o envio da amostra de áudio da unidade de 10 milissegundos de retardo 61 por mais de 0,25 milissegundos que, então, envia para o subtrator 67. O subtrator 67 subtrai a amostra retardada de 10,25 milissegundos da amostra retardada de 10 milissegundos enviando o resultado para um multiplicador 69. As unidades de

retardo e o subtrator operam cada vez que chega uma nova amostra de áudio $a(n)$. Nessa modalidade, a frequência da amostra de áudio é uma frequência de 8 kHz, 32 kHz, 44,1 kHz ou 48 kHz.

[0057] Portanto, conforme aqueles versados na técnica apreciarão, a unidade de 10 milissegundos de retardo 61, a unidade de 0,25 milissegundos de retardo 65 e o subtrator 67 gerarão os dois ecos 23-1 e 23-2 ilustrados na figura 2. Neste estágio, no entanto, os ecos que foram gerados não dependem dos dados a serem transmitidos. Como será explicado abaixo, esta dependência é alcançada pela multiplicação dos ecos no multiplicador 69 com uma função de modulação $g(n)$ que é enviada por uma tabela do *lookup* 71 que é endereçada pela lógica de busca de tabela do *lookup* 73 em resposta ao valor de dados de mensagem atual. Em particular o envio da tabela do *lookup* $g(n)$ altera a polaridade dos ecos em dependência dos dados de mensagem de modo que os ecos com polaridades moduladas possam ser adicionados novamente ao sinal de áudio original pelo somador 63 ao gerado do sinal de saída de áudio modulado em eco.

Output da tabela do lookup $g(n)$

[0058] Os inventores verificaram que alterações abruptas nos ecos que são somados podem tornar os ecos mais intrusivos para os usuários nas imediações do alto-falante 19. Assim, o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ é gradualmente aumentado e reduzido a fim de que os ecos sejam efetivamente intensificados gradativamente ou enfraquecidos gradativamente.

[0059] Adicionalmente, nesta modalidade, o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ também executa a codificação Manchester descrita acima dos dados de mensagem. A maneira pela qual isso é conseguido será agora explicada em referência à figura 6. Em particular, a figura 6a é um gráfico que ilustra a maneira pela qual o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ varia durante um período do símbolo, quando um valor de bit dos dados de mensagem é um “1” binário. Nesta modalidade, o período do símbolo é 100 ms. Como mostrado, durante a primeira metade do período do símbolo, a função $g(n)$ aumenta de zero para

um valor máximo e, então, decresce novamente a zero no final da primeira metade do período do símbolo. Durante a segunda metade do período do símbolo, a função $g(n)$ é negativa e aumenta em magnitude para um valor máximo negativo e, então, decresce novamente para zero. Como pode ser visto a partir da figura 6a, nesta modalidade, o aumento e decréscimo gradual do *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ é alcançado usando uma função senoidal. Assim, durante a primeira metade do símbolo, os ecos combinados enviados do subtrator 67 serão multiplicados por um valor positivo e por isso sua polaridade não será alterada quando forem multiplicados por $g(n)$ no multiplicador 69. Por outro lado, durante a segunda metade do período do símbolo o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ é negativo e, assim, as polaridades dos ecos enviados do subtrator 67 serão invertidas quando os ecos forem multiplicados por $g(n)$ no multiplicador 69.

[0060] Como mencionado acima, os ecos artificiais 23 que são gerados e somados ao sinal de áudio possuem uma amplitude que é aproximadamente um terço da do sinal de áudio. Nesta modalidade, a amplitude dos ecos é controlada pelo *output* da tabela do *lookup* $g(n)$. Como mostrado na figura 6a, a amplitude do pico do *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ é um terço, o que significa que a amplitude máxima dos ecos que são adicionados ao sinal de áudio será um terço da amplitude do sinal de áudio original.

[0061] Como mostrado na figura 6b, quando os dados de mensagem são um valor "0" binário, o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ é invertido em comparação com quando os dados de mensagem possuem um valor "1" binário. Portanto, durante a primeira metade do período do símbolo, a polaridade dos ecos enviados do subtrator 67 será inversa quando forem multiplicados por $g(n)$ no multiplicador 69, e durante a segunda metade do período do símbolo, as polaridades dos ecos enviados pelo subtrator 67 não serão invertidas quando forem multiplicados por $g(n)$ no multiplicador 69.

[0062] A figura 6c ilustra o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ durante dois períodos do símbolo quando os dados de mensagem a serem transmitidos

forem um “1” binário seguido por outro “1” binário. Como mostrado na figura 6c, neste caso, o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ é uma repetição simples do *output* ilustrado na figura 6a. Da mesma forma, se valores sucessivos dos dados de mensagem forem “zeros” binários, então, o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ durante os dois períodos do símbolo será o inverso daquele mostrado na figura 6c.

[0063] No entanto, se os dados de mensagem mudam de um “1” binário para um “0” binário, então, ao invés de usar uma função do *output* da tabela do *lookup* obtida pela concatenação das funções mostradas na figura 6a e na figura 6b, a função mostrada na figura 6d é usada ao invés disso. Como pode ser visto na figura 6d, quando o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ atinge seu valor negativo de pico no primeiro período de símbolo, este permanece naquele valor até que o pico tenha ocorrido no segundo período do símbolo antes da redução na magnitude de volta ao zero. Da mesma forma, quando bits sucessivos dos dados de mensagem mudam de um “0” binário para um “1” binário, o *output* da tabela do *lookup* $g(n)$ durante os dois períodos sucessivos será o inverso daquele na figura 6d. Os inventores verificaram que não retornando ao nível zero nesta forma reduz a interferência do esquema de modulação do eco que é usado. Isso é devido ao ouvido humano ser mais sensível à variação dos ecos do que aos ecos constantes.

[0064] Como aqueles versados na técnica apreciarão, a lógica de busca de tabela do *lookup* 73 é responsável pela análise dos bits sucessivos dos dados de mensagem e, então, por pesquisar a parte correspondente da tabela do *lookup* 71 para que a função adequada de *output* $g(n)$ seja aplicada ao multiplicador 69.

Detector de eco

[0065] A figura 7 é um diagrama da parte em bloco e da parte esquemática que ilustra o processamento executado pelo detector de eco 37. Em particular, a figura 7 ilustra 100 milissegundos de um sinal de entrada 61 na entrada do detector de eco 37. Como aqueles versados na técnica apreciarão,

o sinal de entrada 61 é ilustrado esquematicamente como um sinal contínuo para facilitar a compreensão, mas será uma forma de onda amostrada e digitalizada.

[0066] Como ilustrado pela janela i e pela janela j, o detector de eco 37 inclui duas janelas deslizantes 63-1 e 63-2 que extraem segmentos adjacentes do sinal de entrada de áudio 61-1 e 61-2, cada um com de 50 milissegundos de comprimento. Portanto, as duas janelas 63 extraem porções do sinal acústico de entrada 61 que corresponde às metades dos períodos do símbolo descritos acima. Como mostrado na figura 7, a parte extraída 61-1 do sinal acústico de entrada é inserida em uma primeira unidade de autocorreção 65-1 e a parte extraída 61-2 do sinal de entrada de áudio é inserida em uma segunda unidade de autocorreção 65-2. Ambas as unidades de autocorrelação 65 operam para determinar a autocorrelação da parte correspondente 61-1 ou 61-2 do sinal acústico de entrada em retardos de 10 milissegundos e 10,25 milissegundos. Os valores de autocorrelação determinados em 10,25 de retardo das unidades de autocorrelação 65-1 e 65-2 são, então, inseridos em um subtrator 67, que subtrai o valor de autocorrelação obtido da janela j do valor de autocorrelação obtido da janela i (ou vice-versa). O resultado desta subtração é, então, fornecido ao outro subtrator 69. Da mesma forma, o valor de autocorrelação em 10 milissegundos de retardo da janela i e o valor de autocorrelação em 10 milissegundos de retardo da janela j são enviados das unidades de autocorrelação 65 para o subtrator 71, que subtrai o valor de autocorrelação obtido da janela j do valor de autocorrelação obtido da janela i (ou vice-versa) e provê o resultado ao subtrator 69. O subtrator 69, então, subtrai o *output* do subtrator 67 do *output* do subtrator 71 (ou vice-versa). Portanto, o *output* do subtrator 69 é representado pela seguinte equação:

$$(A^i(10) - A^j(10)) - (A^i(10,25) - A^j(10,25))$$

[0067] Como mencionado acima, subtrair os valores de autocorrelação de uma metade do período do símbolo dos valores de autocorrelação correspondentes da outra metade do período do símbolo pode reduzir o efeito

dos ecos naturais no sinal acústico de entrada 61. Isso é porque os ecos naturais não são suscetíveis a mudar de uma metade do período do símbolo para a próxima e assim seu efeito será constante nas autocorrelações que forem calculadas. Conseqüentemente, executar essa subtração removerá esse efeito comum. Da mesma forma, subtrair os valores de autocorrelação obtidos de cada metade do período do símbolo reduzirá o efeito das periodicidades no sinal de áudio original. Isso é porque no retardo de 0,25 ms entre o primeiro eco e o segundo eco na metade do período do símbolo, o efeito das periodicidades nas autocorrelações será aproximadamente constante e por isso essa subtração removerá esse efeito comum. Isso será agora descrito em mais detalhes em referência à figura 8.

[0068] A figura 8a mostra um gráfico da autocorrelação 81 obtida de um sinal de áudio comum sem quaisquer ecos artificiais. Como mostrado, o gráfico de autocorrelação 81 possui um pico no retardo zero. No entanto, devido às periodicidades no sinal de áudio e devido aos ecos naturais, o gráfico de autocorrelação 81 não diminui para zero até cerca de 15 milissegundos após o pico inicial e exibe picos locais e vales no meio. O pico 82 ilustra esse pico local que pode ocorrer como um resultado de um eco natural sendo somado ao sinal de áudio.

[0069] A figura 8b ilustra um gráfico de autocorrelação 83 para o mesmo sinal de áudio após um eco positivo ter sido somado a um retardo de 10 milissegundos e um eco negativo ter sido somado a um retardo de 12 milissegundos (ao invés de 10,25 ms de modo que os dois ecos possam ser vistos mais claramente). Como mostrado na figura 8b, como um resultado dos ecos artificiais, o gráfico de autocorrelação 83 inclui um pico 85 em 10 milissegundos e um pico 87 em 12 milissegundos. No entanto, o pico 85 é um pouco mascarado pelo pico anterior 82 causado por um eco natural.

[0070] A figura 8c ilustra o gráfico de autocorrelação 89 para o sinal de áudio após os ecos terem sido somados na segunda metade do período do

símbolo. Como mostrado, o gráfico de autocorrelação 89 inclui um pico negativo 91 em 10 milissegundos e um pico positivo 93 em 12 milissegundos.

[0071] Finalmente, a figura 8d ilustra o gráfico de autocorrelação que é obtido pela subtração do gráfico de autocorrelação mostrado na figura 8c do gráfico de autocorrelação mostrado na figura 8b. Como pode ser visto, os picos comuns nos gráficos de autocorrelação mostrados nas figuras 8b e 8c foram removidos, enquanto que os picos complementares 85 e 91; e 87 e 93 foram somados juntos para criar os picos combinados 95 e 97, respectivamente. Como será aparente para aqueles versados na técnica, é, portanto, muito mais fácil detectar os picos 95 e 97 porque seus valores são muito maiores do que os valores de autocorrelação em outros retardos. Esse efeito é ainda aumentado pela subtração do valor de autocorrelação em 12 milissegundos do valor de autocorrelação em 10 milissegundos. Isso será efetivamente somado aos dois picos 95 e 97 juntos para prover um pico ainda maior, que pode ser, então, detectado pela limiarização adequada. O valor do valor dos dados correspondentes pode, então, ser determinado a partir da polaridade dos picos combinados.

[0072] Como aqueles versados na técnica apreciarão, nesta modalidade, o detector de eco 37 não calcula a correlação do sinal de entrada durante todos os retardos. Apenas calcula os valores de autocorrelação nos retardos onde os ecos artificiais tiverem sido somados. Os gráficos mostrados na figura 8 mostram os valores de autocorrelação durante retardos de 0 a 15 milissegundos. Esses gráficos ajudam, portanto, a ilustrar o efeito dos ecos naturais e periodicidades no sinal de áudio que podem mascarar os ecos artificiais que são somados no codificador de dados.

Sincronização

[0073] Nesta modalidade, o receptor 5 conhece a duração de cada meio período do símbolo. Isso define o comprimento das janelas 63-1 e 63-2 usadas no detector de eco 37. No entanto, o detector de eco 37 inicialmente não será sincronizado com os dados transmitidos. Em outras palavras, o detector de

ecos 37 não conhece onde cada período de símbolo começa e termina ou onde o início da mensagem é localizado. Assim, nesta modalidade, o detector de eco 37 executa a análise acima conforme cada nova amostra é recebida do conversor de analógico para digital 35. O output do subtrator 69 é analisado pelo módulo de recuperação de dados 39 para determinar os limites mais prováveis do símbolo. O módulo de recuperação de dados, então, determina a localização do início da mensagem verificando os bits de sincronização que foram somados pelo somador de dados de sincronização 57. Neste ponto, a unidade de recuperação de dados 39 pode começar a recuperar a mensagem completa da polaridade dos valores de autocorrelação enviados do subtrator 69.

[0074] Uma vez que a sincronização foi alcançada, o detector de eco 37 determinará tipicamente as medições de autocorrelação no meio de cada meio período de símbolo, quando for esperado que o eco esteja nesta amplitude de pico e o módulo de recuperação de dados 39 determinará o valor de bit da polaridade do *output* do subtrator 69. O detector de eco 37 pode também tomar medidas imediatamente antes e imediatamente após o meio de cada metade do período de símbolo, para permitir que o módulo de recuperação de dados 39 rastreie a sincronização.

[0075] Os dados de mensagem recuperados pelo módulo de recuperação de dados 39 são, então, inseridos no módulo de decodificação FEC 41 onde os dados de mensagem são decodificados (usando o processamento inverso do codificador FEC 7) para obter os dados de entrada originais que foram inseridos no codificador 7 do transmissor 1.

Modificações e alternativas

[0076] Nas modalidades acima, o dado foi ocultado dentro de um sinal de áudio empregando uma série de ecos cuja polaridade variou com o valor de dados a ser transmitido. Esses ecos são somados ao sinal de áudio original após os retardos adequados. Como será apreciado por aqueles versados na técnica, os ecos podem ser somados antes do sinal de áudio original (pré-

ecos), antes e após o sinal de áudio original ou apenas após o sinal de áudio original.

[0077] Na modalidade acima, os bits de sincronização foram somados aos dados que foram transmitidos para que o decodificador possa identificar os limites de cada período de símbolo e o início e término de cada mensagem. O uso desses bits de sincronização aumenta significativamente o comprimento global da mensagem que deve ser transmitida (em alguns casos em até 25 %). Adicionalmente, como a decodificação de cada bit está sujeita a ruído, a correlação não é perfeita, o que pode reduzir as chances de uma sincronização bem-sucedida. Os inventores perceberam, no entanto, que os bits de sincronização não são requeridos. Em particular, os inventores perceberam que o módulo de decodificação FEC 41 terá taxas maiores de erros quando o detector de eco 37 não estiver propriamente sincronizado com os dados recebidos em comparação com sua taxa de erros quando o detector de eco for sincronizado com os dados recebidos. Portanto, nesta modalidade ilustrada na figura 9, o *output* de erro gerado pelo módulo de decodificação FEC 41 é usado para controlar a sincronização do receptor para os dados recebidos.

[0078] Mais especificamente, nesta modalidade, o detector de eco 37 recebe um bloco de amostras correspondentes a um ou mais símbolo(s) e determina o tempo ótimo dentro daquele bloco de amostras para detectar os ecos dentro dos símbolos. Os símbolos múltiplos podem ser requeridos quando a codificação Manchester for usada como um “um” codificado Manchester parecer o mesmo que um “zero” codificado Manchester com uma mudança de tempo. Portanto, pode ser necessário considerar uma série de símbolos para permitir os limites de símbolo a serem identificados. A determinação atual do tempo ótimo dentro do bloco de amostras para detectar os ecos pode ser determinada ao passar o bloco de amostras através de um filtro de correlação (carregado com o padrão de sinal esperado para um período de símbolo) e o tempo dentro do símbolo quando o *output* absoluto (média de mais uma série de símbolos sucessivos) está em um máximo for considerado para ser o

melhor tempo para amostrar os símbolos. Por exemplo, se há N amostras por símbolo, e o bloco de amostras tem M símbolos, então, os seguintes valores serão calculados:

$$\text{Média (0)} = 1/M * (x(0) + x(N) + x(2N) + \dots)$$

$$\text{Média (1)} = 1/M * (x(1) + x(N+1) + x(2N+1) + \dots)$$

...

$$\text{Média (N-1)} = 1/M * (x(N-1) + x(2N-1) + x(3N-1) + \dots)$$

onde $x(i)$ é o *output* absoluto do filtro de correlação para amostra i . O valor máximo da média, assim determinado, identifica o melhor tempo para detectar os ecos dentro do sinal recebido durante cada símbolo.

[0079] O detector de eco 37 usa, então, o tempo ótimo determinado para detectar os ecos naquele símbolo e nos símbolos anteriores N-1 do sinal de entrada (onde N é o número de símbolos na mensagem transmitida). O módulo de recuperação de dados 39, então, determina, a partir dos ecos detectados, o(s) valor(es) de bit para cada símbolo e envia a série de caracteres (*string*) dos bits correspondentes à possível mensagem para o módulo de decodificação FEC 41. O módulo de decodificação FEC 41 executa, então, o processamento inverso do codificador FEC 7 para regenerar uma palavra-chave candidata do dado de entrada, que é armazenada no *buffer* 93. O módulo de decodificação FEC 41 também envia uma contagem de erro indicando quantos erros foram identificados na palavra-chave do candidato, que passa para um controlador 91. Em resposta, o controlador 91 compara a contagem de erro com um valor limiar e se for maior do que o limiar, então, o controlador 91 elimina a palavra-chave candidata do *buffer* 93. O processo acima é repetido para o próximo símbolo recebido no sinal de entrada, até o controlador 91 determinar que a contagem de erro está abaixo do limite. Quando isso acontece, o controlador 91 instrui o módulo de decodificação FEC 41 para aceitar a palavra-chave candidata, que é então enviada para uso adicional no receptor 5. Com efeito, portanto, o detector de eco 37, o módulo de recuperação de dados 39 e o módulo de decodificação FEC 41 operam

todos em uma janela do sinal de entrada correspondente ao comprimento da mensagem transmitida, cuja janela é deslizada sobre o sinal de entrada até um que ponto seja encontrado onde a contagem de erro FEC é inferior ao limite definido – indicando a identificação da mensagem completa dentro do sinal de entrada.

[0080] A figura 10 é um gráfico que ilustra o modo no qual é esperado que a contagem de erro do módulo de decodificação FEC 99 se altere conforme a janela 101 é deslizada sobre um sinal de entrada 103 contendo uma mensagem de dados 105, com o mínimo aparecendo no símbolo S_N , quando a janela 101 está alinhada com a mensagem de dados 105 no sinal de entrada 103. O nível do limite (Th) é, então, ajustado para reduzir a possibilidade que mínimos falsos na contagem *output* de erro FEC sejam considerados como possíveis palavras-chave, para que (na situação ideal) apenas quando o receptor for propriamente sincronizado (alinhado) ao dado de mensagem, a contagem de erro do módulo de decodificação FEC seja reduzida abaixo do limite conforme ilustrado na figura 10. Idealmente, nesta modalidade, a codificação/decodificação FEC que é usada é configurada para manter alta a taxa de erro do módulo de decodificação FEC 41, exceto quando a janela 101 estiver alinhada com os dados de mensagem 105 no sinal de entrada 103. Os inventores verificaram que esta técnica simples de limiarização é suficiente para identificar a localização dos dados de mensagem no sinal de entrada 103. No entanto, se for requerida detecção mais precisa, então, pode ser feita uma análise mais aprofundada, variando as possíveis posições do início e final da mensagem e buscando por posições que dêem a contagem mínima de erros FEC.

[0081] A técnica acima é útil para verificação de uma única mensagem no sinal de entrada. Certamente, se uma sequência dessas mensagens de dados for transmitida, então, o tempo de sincronização determinado para a primeira mensagem de dados pode ser usado para identificar o tempo de sincronização para a próxima mensagem de dados.

[0082] Um problema detectado pelos inventores com a abordagem de sincronização discutida acima é que o codificador FEC 7 frequentemente usa palavras-chave cíclicas (por exemplo, quando usa a codificação em bloco Reed Solomon) que significa que uma mudança de bit na palavra-chave pode ser também uma palavra-chave válida. Isso é problemático porque pode resultar em falsas detecções de uma palavra-chave (o chamado falso positivo) no sinal de entrada 105. Esse problema pode ser superado pela reordenação dos bits da palavra-chave no codificador FEC 7 de alguma maneira determinista (por exemplo, em uma forma pseudoaleatória), e usando o reordenamento inverso no decodificador FEC 41. O processamento que pode ser executado pelo codificador FEC 7 e pelo decodificador FEC 41 nessa modalidade é ilustrado nas figuras 11a e 11b, respectivamente. Como mostrado, o codificador FEC 7 executa uma codificação cíclica dos dados (no caso codificação Reed Solomon 111), seguida por um reordenamento pseudoaleatório 113 dos dados. Os dados reordenados são codificados convolucionalmente 115 e então intercalados 117 como antes. Da mesma forma, o módulo de decodificação FEC 41 inicialmente desintercala 121 os dados e executa a decodificação convolucional 123. O módulo de decodificação FEC 41, então, reverte 123 o reordenamento dos dados pseudoaleatórios executados pelo codificador FEC 7 e, então, executa a decodificação Reed Solomon 125. Como será apreciado por aqueles versados na técnica, ao executar este reordenamento dos dados nesta forma, se houver uma alteração de bit no *output* dos dados de mensagem pelo módulo de recuperação de dados 39, então é muito menos provável resultar em uma palavra-chave válida e assim é improvável que o *output* da taxa de erro FEC desencadeie a identificação falsa de uma mensagem de dados.

[0083] Nas modalidades acima, cada valor de dados foi representado por quatro ecos – dois ecos em cada uma das duas metades do período do símbolo. Como será evidente para aqueles versados na técnica, cada valor de dados pode ser representado por qualquer número de ecos em qualquer

número de períodos de subsímbolos. Por exemplo, ao invés de ter dois ecos dentro de cada metade do período do símbolo, cada valor de dados pode ser representado por um único eco em cada metade do período do símbolo. Neste caso, os ecos em cada metade do período do símbolo seriam preferivelmente de polaridade oposta de modo que a mesma técnica de diferenciação possa ser usada para reduzir os efeitos dos ecos naturais. De fato, os inventores verificaram que em alguns casos o uso de dois ecos de polaridade oposta em cada metade do período do símbolo pode resultar em alguns componentes de frequência dentro do sinal de áudio original que são somados de forma construtiva com aos ecos e alguns componentes de frequência dentro do sinal de áudio original que são somados de forma destrutiva aos ecos. Se um único eco artificial for acrescentado, então essas distorções são menos evidentes tornando os dados ocultos menos perceptíveis para os usuários no som acústico que for ouvido.

[0084] Como será apreciado por aqueles versados na técnica, a representação de cada valor de dados por um ou mais ecos em diferentes períodos de subsímbolos, significa que os ecos em cada período de subsímbolos será uma repetição de uma parte diferente do sinal de áudio. Se houver apenas um único período de símbolo, então cada valor de dados será representado pelos ecos da mesma (ou substancialmente a mesma) parte do sinal de áudio.

[0085] Nas modalidades acima, cada valor de dados foi representado por um eco positivo e um eco negativo em uma primeira metade do período do símbolo e por um eco positivo e um eco negativo em uma segunda metade do período do símbolo. Os ecos positivo e negativo na primeira metade do período do símbolo permitiram que o receptor reduzisse os efeitos das periodicidades no sinal de áudio original, que executa as medições de autocorrelação. O uso de ecos complementares na metade dos períodos do símbolo adjacentes permite ao receptor reduzir o efeito dos ecos naturais dentro do sinal de áudio recebido, que poderiam de outra forma mascarar os ecos artificiais adicionados

para representar os dados. Como aqueles versados na técnica apreciarão, em outras modalidades, nenhuma ou apenas uma dessas técnicas pode ser usada.

[0086] Na modalidade acima, cada valor de dados foi representado por ecos dentro de dois meio períodos do símbolo adjacentes. Como será apreciado por aqueles versados na técnica, esses dois meio períodos do símbolo não devem ser imediatamente adjacentes um ao outro e um intervalo pode ser provido entre os dois períodos, se necessário.

[0087] Na modalidade acima, os ecos em cada meio período do símbolo foram exatamente da mesma parte do sinal de áudio. Como será apreciado por aqueles versados na técnica, isso não é essencial. Os ecos em cada meio período do símbolo podem ser de partes ligeiramente diferentes do sinal de áudio. Por exemplo, um eco pode perder algumas das amostras de áudio do sinal de áudio. Alternativamente, o sinal de áudio pode incluir diferentes canais (por exemplo, canais da esquerda e da direita para um sinal estéreo) e um eco pode ser formado de uma repetição do canal da esquerda e o outro pode ser formado de uma repetição do canal da direita. Com um áudio de som *surround* moderno de múltiplos canais, as repetições podem ser de quaisquer desses canais.

[0088] Na modalidade acima, os ecos gerados dentro do transmissor foram somados ao sinal de áudio original. Como aqueles versados na técnica apreciarão, os ecos gerados podem ser combinados com o sinal de áudio original de outras formas. Por exemplo, os ecos podem ser subtraídos do sinal de áudio. Da mesma forma, ao invés de inverter os ecos a serem somados ao áudio (pelo controle da polaridade da função $g(n)$), o mesmo resultado pode ser alcançado alterando a forma na qual os ecos são combinados com o sinal de áudio. Por exemplo, um eco pode ser somado ao sinal de áudio original enquanto o eco seguinte pode ser subtraído do sinal de áudio.

[0089] Na modalidade acima, tabela do *lookup* armazena os valores na para $g(n)$ correspondentes a um ou dois bits dos dados de mensagem (como

ilustrado na figura 6). Como aqueles versados na técnica apreciarão, isso não é essencial. Por exemplo, a tabela do *lookup* poderia simplesmente armazenar uma função que aumentou em valor e, então, reduziu em valor. Poderia então ser provido circuito adicional para converter a polaridade desse *output* conforme adequado para os dois meio períodos do símbolo. Dessa forma, a função armazenada na tabela do *lookup* apenas controlaria a intensificação gradativa e o enfraquecimento gradativo do eco e o circuito adicional controlaria a polaridade do eco conforme requerido.

[0090] Na modalidade acima, a codificação Manchester foi executada pelo módulo de formação e geração de eco. Como aqueles versados na técnica apreciarão, essa codificação Manchester, se executada, pode ser executada dentro do módulo de codificação FEC.

[0091] Como aqueles versados na técnica apreciarão, as técnicas descritas acima para ocultação de dados dentro do áudio podem ser feitas antes da transmissão do sinal acústico ou podem ser feitas em tempo real. Mesmo no caso onde os dados devem ser incorporados dentro de um sinal de áudio em tempo real, parte do processamento pode ser feita antes. Por exemplo, a codificação FEC pode ser executada nos dados antes de modo que apenas a geração de eco e formação de eco seja executada em tempo real.

[0092] Nas modalidades acima, foram dados exemplos específicos das taxas de amostra para o sinal de áudio e taxas de símbolo para os dados que são ocultados dentro do sinal de áudio. Como aqueles versados na técnica apreciarão, essas taxas não se destinam a serem limitadas e podem ser variadas conforme requerido. No entanto, para manter a interferência dos ecos somados em um mínimo, a taxa de transferência de dados dos dados codificados é preferivelmente mantida entre um e vinte símbolos por segundo. Isso corresponde a um período do símbolo de entre 50 ms e 1 segundo. Em algumas modalidades, um período de símbolo longo é benéfico porque os ecos somados abrangerão várias palavras ditas dentro do áudio, tornando mais fácil ocultar os ecos dos dados dentro do áudio. Um período de símbolo maior

também reduz a capacidade auditiva dos ecos. Isso é porque os seres humanos são mais sensíveis à variação dos ecos do que são para os ecos estáticos ou fixos. Portanto, tendo um período de símbolo mais longo, a taxa de alteração dos ecos é menor o que torna a presença dos ecos menos perceptível para um usuário.

[0093] Na modalidade acima, a taxa de transferência de dados dos dados somados ao sinal de áudio no transmissor foi constante e foi conhecida pelo receptor. Esse conhecimento reduz a complexidade do circuito receptor para interceptar os dados dentro do sinal recebido. No entanto, não é essencial para a invenção e circuitos mais complexos podem ser providos no receptor para permitir que o receptor tente diferentes taxas de transferência de dados até que a taxa de transferência de dados real seja determinada. Da mesma forma, o receptor pode usar outras técnicas para se sincronizar com os dados transmitidos para saber onde estão os limites de símbolo antes do recebimento dos dados.

[0094] Na modalidade acima, as técnicas de codificação FEC foram usadas para permitir que o receptor seja capaz de corrigir os erros nos dados recebidos. Como serão apreciadas por aqueles versados na técnica, essas técnicas de codificação não são essenciais para a invenção. No entanto, são preferidas, pois ajudam a corrigir os erros no processo de transmissão durante o *link* acústico.

[0095] Nas modalidades acima, as amplitudes dos picos dos ecos foram todas as mesmas e foram independentes do valor dos dados a serem transmitidos. Como aqueles versados na técnica apreciarão, as amplitudes dos picos dos ecos podem também ser variadas com os dados a serem transmitidos, se desejado.

[0096] Na modalidade acima, os ecos em cada meio período do símbolo foram nos mesmos retardos em relação ao sinal de áudio original. Como aqueles versados na técnica apreciarão, isso não é essencial. Pode haver

alguma variação nos valores de retardo reais usados dentro de cada meio período do símbolo.

[0097] Na modalidade acima, o segundo eco dentro de cada meio período do símbolo foi gerado pelo retardo do primeiro eco por um valor de retardo adicional. Em uma modalidade alternativa, cada eco dentro de cada período do subsímbolo pode ser independentemente gerado a partir do sinal de áudio original usando uma linha de retardo adequada.

[0098] Como aqueles versados na técnica apreciarão, vários usos podem ser feitos do sistema de comunicação acima. Por exemplo, os dados codificados podem ser usados como uma marcação d'água para proteger o sinal de áudio original. Alternativamente, os dados inseridos podem ser usados para controlar o receptor de modo que possa responder em sincronismo com o sinal de áudio. Em particular, o decodificador pode ser programado para executar parte da ação em um tempo definido após o recebimento da palavra-chave. O retardo de tempo pode ser programado no decodificador por qualquer meio e pode ainda ser definido pelos dados nas palavras-chave recebidas. Quando usado para executar essa sincronização, são preferidos períodos mais curtos do símbolo uma vez que períodos mais curtos de símbolo permitem melhor resolução temporal e, portanto, sincronização mais precisa. Os dados podem ser usados para aplicações de jogos interativos, avaliação de audiência, sistemas *e-commerce*, brinquedos e similares. O leitor é referido ao pedido Internacional anterior do titular WO02/45273 que descreve uma série de usos para este tipo de sistema de ocultação de dados.

[0099] Na modalidade mencionada acima, o receptor realizou medições de autocorrelação no sinal de entrada de áudio para identificar as localizações dos ecos. Como aqueles versados na técnica apreciarão, outras técnicas podem ser usadas para identificar os ecos. Algumas dessas outras técnicas estão descritas no pedido PCT anterior do titular PCT/GB2008/001820 e no documento US5,893,067, cujo teores são aqui incorporados por referência. Tipicamente, embora não necessariamente, as técnicas envolvem alguma

forma de autocorrelação do sinal de áudio original ou de parâmetros obtidos do sinal de áudio (por exemplo, parâmetros LPC, parâmetros cepstrum etc.). Como uma alternativa, uma abordagem de melhor ajuste poderia ser usada, na qual um sinal de áudio esperado (com diferentes polaridades de eco) é ajustado para o sinal real até que uma correspondência seja encontrada e a polaridade dos ecos, assim, determinada.

[00100] Na modalidade descrita acima, um único transmissor foi provido junto com um receptor. Como aqueles versados na técnica apreciarão, transmissores múltiplos e/ou receptores múltiplos podem ser providos. Adicionalmente, os componentes do transmissor podem ser distribuídos dentre uma série de entidades diferentes. Por exemplo, a codificação e parte da ocultação de dados do transmissor podem ser providos dentre de um cabeçal (*head end*) de um sistema de distribuição de televisão ou um conversor (*set-top box*) do usuário e o alto-falante 19 pode ser um amplificador do aparelho de televisão do usuário.

[00101] Nas modalidades acima, os ecos foram diretamente derivados do sinal de áudio original. Em modalidades alternativas, o eco pode não incluir todos os componentes de frequência do sinal de áudio. Por exemplo, um ou mais dos ecos podem ser gerados de uma parte do sinal de áudio após ter sido filtrado para remover certas frequências. Isso pode ser benéfico onde for encontrado, por exemplo, a fim de que haja ruído adicional na parte de baixa frequência dos ecos, mas não na parte de alta frequência. Nesse caso, os sinais recebidos seriam também filtrados para remover os componentes de baixa frequência (por exemplo, frequências abaixo de cerca de 500 Hz) para que apenas os componentes de alta frequência (aqueles acima dos componentes de frequência mais baixa) do sinal de áudio e os ecos estejam presentes nos sinais a serem analisados. Alternativamente, neste caso, o sinal recebido pode ser passado através de um filtro que simplesmente reduz o nível dos componentes de frequência mais baixa no sinal recebido em comparação com os componentes de frequência mais alta. Isso terá o efeito de reduzir a

relevância do ruído da parte de baixa frequência do sinal recebido no processo subsequente de decodificação. Da mesma maneira, se for constatado que os ecos somados introduzem uma distorção perceptível nas frequências mais altas do sinal de áudio composto, então, os ecos (ou os sinais dos quais são derivados) podem passar por filtragem passa-baixa para remover as altas frequências.

[00102] A divisão do sinal de áudio em bandas de frequência separadas pode também ser usada para transportar dados em múltiplos canais. Por exemplo, se a banda de frequência for dividida em uma parte de alta frequência e uma parte de baixa frequência, então um canal pode ser provido pela adição de ecos à parte de alta frequência e outro canal pode ser provido pela adição de diferentes ecos na parte de baixa frequência. O uso de múltiplos canais nesta forma permite a diversidade de frequência ou temporal se o dado transportado nos dois canais for o mesmo; ou permite uma taxa aumentada de transferência de dados se cada canal transportar dados diferentes. Múltiplos canais podem também ser providos onde o sinal de áudio também contém múltiplos canais (usado para acionar múltiplos alto-falantes). Neste caso, um ou mais canais de dados podem ser providos no sinal de áudio para cada canal de áudio.

[00103] Na modalidade acima, os dados foram ocultados dentro de um sinal de áudio pela adição de ecos ao sinal de áudio. Em algumas situações, a entrada de áudio já pode conter dados ocultos na forma desses ecos. Neste caso, o codificador pode decodificar os dados ocultos existentes do sinal de áudio recebido e, então, usar os dados decodificados para limpar o sinal de áudio para remover os ecos artificiais que definem esses dados ocultos. O codificador poderia, então, adicionar novos ecos ao sinal de áudio assim limpo para ocultar os novos dados no sinal de áudio. Desta forma, os sinais ocultos originais não interferirão nos novos dados ocultos.

[00104] Na modalidade acima, os ecos foram obtidos pelo retardo das amostras digitais do sinal de áudio. Como será apreciado por aqueles versados

na técnica, os ecos podem ser gerados no domínio analógico, usando linhas analógicas de retardo e circuitos analógicos adequados para executar a modulação da polaridade e formação do eco.

[00105] Nas modalidades acima, o sinal de áudio com os dados inseridos foi transmitido para um receptor durante um *link* acústico. Em uma modalidade alternativa, o sinal de áudio pode ser transmitido ao receptor durante um *link* por fio elétrico ou conexão sem fio. Nessa modalidade, as taxas de transferência de dados que são usadas podem ser mais altas devido aos níveis mais baixos de ruído.

[00106] Na modalidade acima, um bit de dados foi transmitido dentro de cada período do símbolo. Em uma modalidade alternativa, múltiplos bits podem ser transmitidos dentro de cada período de símbolo. Por exemplo, um segundo par de ecos pode ser adicionado nos retardos de 20 ms e 20,25 ms dentro de cada meio período do símbolo para codificar um segundo bit; um terceiro par de ecos pode ser adicionado em retardos de 30 ms e 30,25 ms dentro de cada meio período do símbolo para codificar um terceiro bit etc. Cada eco poderia, então, ser intensificado gradativamente ou enfraquecido gradativamente durante cada meio período de símbolo e a polaridade modulada de acordo com o valor do bit como antes. A intensificação gradativa e o enfraquecimento gradativo dos ecos para diferentes bits podem ser os mesmos ou podem ser diferentes para diferentes bits. A modulação da polaridade dos diferentes ecos dependerá naturalmente dos diferentes valores de bit a serem transformados no período do símbolo. Em uma modalidade preferida, os ecos para diferentes bits dentro do mesmo meio período do símbolo são intensificados gradativamente ou enfraquecidos gradativamente em diferentes momentos do meio período do símbolo, para que diferentes ecos alcancem suas amplitudes de pico em diferentes tempos dentro do meio período do símbolo. Dessa forma, quando o eco para um bit está na sua amplitude de pico (ou quando todos os ecos para um bit estão nas suas amplitudes de pico – se houver múltiplos ecos representando cada bit em cada meio período do símbolo), os ecos para os

outros bits não estarão nos seus picos. Fazendo isso e amostrando os diferentes ecos quando é esperado que estejam nas suas amplitudes de pico, irá reduzir a interferência entre os ecos para os diferentes bits dentro do mesmo meio período do símbolo. Também é reduzida a interferência construtiva dos ecos que pode tornar os ecos somados mais perceptíveis por um ouvinte. Olhando de outra forma, isso é o mesmo que ter múltiplas mensagens de dados em paralelo, cada uma codificada de acordo com as modalidades descritas acima, mas com os seus respectivos períodos de símbolo deslocados um do outro no tempo de modo que os ecos para as diferentes mensagens atinjam o pico em diferentes tempos – reduzindo, com isso, a interferência entre as mensagens se os ecos forem todos amostrados em torno do momento quando estiverem cada um nas suas amplitudes máximas. Essa técnica aumentará a taxa de bit da transmissão de dados entre o transmissor e o receptor. Os bits adicionais podem ser da mesma mensagem de dados ou podem ser bits de diferentes mensagens.

[00107] Os inventores verificaram que as técnicas descritas acima de ocultação de dados não funcionam tão bem durante as partes do áudio que incluem tons únicos ou múltiplos tons harmônicos, tal como seria verificado em alguns trechos de música. Isso é porque os dados ocultos se tornam mais intrusivos ao ouvinte nessas circunstâncias e se os tons forem usados como parte de um procedimento de configuração automática, podem gerar falhas no procedimento. Portanto, em uma modalidade, os inventores propõem incluir (dentro do codificador) um detector que detecta o nível da tonalidade ou outra característica do sinal de áudio e, se for altamente tonal, que desliga o circuito de adição de eco. Alternativamente, já que este desligamento dos ecos pode ser perceptível para o usuário, o codificador pode enfraquecer os ecos durante os períodos de alta tonalidade e então torná-los mais intensos durante os períodos de baixa tonalidade. Dessa forma, os dados são apenas adicionados no sinal de áudio quando o sinal de áudio não for altamente tonal naturalmente. Várias técnicas podem ser usadas para fazer essa detecção. Uma técnica

para determinação do nível da tonalidade de um sinal de áudio (embora para uma finalidade diferente) é descrita no pedido PCT anterior do titular WO02/45286, cujo teor é aqui incorporado por referência. Outra técnica pode ser encontrada em Davis P. (1995) "A tutorial on MPEG/Áudio Compression", IEEE Multimedia Magazine, 2(2), pp. 60-74. Ao invés de desligar o circuito de ecos adicionados, o sistema pode ser disposto para adaptar a amplitude dos ecos adicionados dependendo das características detectadas do sinal de áudio. Alternativamente, ao invés de variar as amplitudes dos ecos dessa forma, o codificador pode ao invés de ou em adição variar a taxa de transferência de dados ou o período do símbolo para reduzir a interferência dos dados ocultos durante os períodos em que o sinal de áudio for altamente tonal.

[00108] Em uma modalidade descrita acima uma única mensagem foi codificada e transmitida para um receptor remoto como uma série de ecos dentro de um sinal de áudio. Em algumas aplicações, uma sequência de mensagens pode ser transmitida. Essas mensagens podem ser as mesmas ou podem ser diferentes. Em ambos os casos, cada mensagem pode ser transmitida após uma mensagem precedente ter sido transmitida. Alternativamente, o final de uma mensagem pode ser sobreposto com o início da mensagem seguinte em uma forma pré-definida (para que o receptor possa regenerar cada mensagem). Este arranjo pode aumentar a diversidade de tempo das mensagens transmitidas tornando-as menos suscetíveis a determinados tipos de ruído ou perda de dados. Em uma alternativa adicional, os dados das mensagens diferentes podem ser intercalados de uma forma conhecida e transmitidos como um único fluxo de dados ao receptor. O receptor regeneraria então cada mensagem desintercalando os bits no fluxo de dados usando conhecimento de como as mensagens foram originalmente intercaladas.

[00109] Como discutido acima, a codificação convolucional é usada como parte do codificador de correção antecipada de erro (FEC). Como é bem conhecido por aqueles versados na técnica, os dados codificados dessa forma,

geralmente, são decodificados usando um decodificador Viterbi, que opera construindo um *trellis* das probabilidades de estado e *branch metrics*. Os dados transmitidos são frequentemente terminados com uma série de zeros para forçar o codificador a voltar ao estado zero. Isso permite o decodificador iniciar a decodificação a partir de um estado conhecido, no entanto, requer símbolos extras para serem transmitidos através do canal. Uma técnica alternativa é garantir que os estados inicial e final do *trellis* sejam idênticos. Esta técnica é referida como *tail biting* e possui a vantagem de não necessitar de quaisquer símbolos extras a serem transmitidos. *Tail biting* é usado em muitos padrões de comunicação e, se desejado, pode ser usado nas modalidades descritas acima.

[00110] A descrição acima descreveu a operação de um sistema para ocultação de dados como ecos dentro de um sinal de áudio. Os sistemas descritos usam técnicas de domínio de tempo para gerar e adicionar os ecos e detectar os ecos no sinal recebido. Como aqueles versados na técnica apreciarão, o processamento equivalente pode ser executado no domínio de frequência para alcançar os mesmos resultados ou resultados similares.

[00111] Os inventores verificaram que em alguns casos, o detetor não funciona bem quando a mensagem consiste predominantemente de bits “zero” (ou inversamente, predominantemente de bits “um”), visto que sob o esquema de codificação, um segmento de palavra-chave de “todos os zeros” parece o mesmo que um segmento de palavra-chave “todos os uns” deslocado no tempo após a codificação Reed Solomon. A codificação funciona melhor quando há números aproximadamente iguais de uns e zeros na palavra-chave, distribuídos uniformemente pela palavra-chave. Isso pode ser alcançado para o sistema divulgado invertendo os bits de paridade Reed Solomon. Isso tem o efeito de alterar todos os zeros da palavra-chave em uma mistura de zeros e uns. Isso pode também ser alcançado alterando o estado inicial do registro de deslocamento de retroalimentação usado dentro do codificador Reed Solomon que é usado para gerar os bits de paridade. Isso fornece mais flexibilidade na

configuração da taxa de uns a zeros na palavra-chave. A intercalação subsequente distribui esses bits de paridade invertida pela palavra-chave. Como aqueles versados na técnica de detecção e correlação de erro apreciarão, essas abordagens para balanceamento da distribuição de uns e zeros se aplica a quaisquer dos muitos esquemas de FEC implementados usando registros de deslocamento de retroalimentação (ou aritmética de campo de Galois) do qual Reed Solomon é um exemplo.

[00112] Nas modalidades acima, uma série de módulos de processamento e circuitos foram descritos. Como aqueles versados na técnica apreciarão, esses módulos de processamento e circuitos podem ser providos como circuitos de *hardware* ou como módulos de *software* em execução dentro da memória de um processador geral da finalidade. Neste caso, o *software* pode ser provido em um meio de armazenamento tal como um CD-ROM ou pode ser baixado em um dispositivo programável adequado em um sinal de portador de uma rede de computador, tal como a internet. O *software* pode ser provido na forma compilada, parcialmente compilada ou na forma não compilada.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de recuperação de uma mensagem de dados incorporados em um sinal de áudio, a mensagem de dados sendo correção antecipada de erro, FEC, codificada e incorporada no sinal de áudio como uma pluralidade de ecos, os ecos sendo combinados com o sinal de áudio após retardos apropriados associados aos respectivos valores de dados da mensagem de dados, **caracterizado pelo fato de** o dito método compreender:

receber em um receptor um sinal de entrada tendo o sinal de áudio e os ecos;

processar o sinal de entrada para detectar os ecos nos retardos; e

recuperar as mensagens de dados incorporados a partir dos ecos detectados;

em que o processamento inclui a sincronização do receptor à mensagem de dados incorporados no sinal de entrada recebido, em que o processamento realiza uma decodificação FEC (41) nos dados recuperados e em que a sincronização usa uma contagem de erro.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** cada valor de dados ser representado por primeiro e segundo ecos tendo diferentes retardos e polaridades opostas, em que cada valor de dados é representado por terceiro e quarto ecos, o terceiro eco tendo a mesma polaridade que o dito segundo eco e o quarto eco tendo a mesma polaridade que o dito primeiro eco, em que os primeiro e segundo ecos são uma repetição de forma substancial de uma primeira parte do sinal de áudio recebido, em que os terceiro e quarto ecos são uma repetição de forma substancial de uma segunda parte do sinal de áudio, o qual é diferente da primeira parte repetida pelos primeiro e segundo ecos e em que o dito processamento processar o sinal de entrada recebido para detectar os ecos que representam cada valor de dados.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de** a dita segunda parte ser adjacente à primeira parte.

4. Método de acordo com a reivindicação 2 ou 3, **caracterizado pelo fato de** o dito primeiro eco estar em um primeiro retardo em relação à dita primeira parte do sinal de áudio; o dito segundo eco estar em um segundo retardo em relação ao dito primeiro eco; o dito terceiro eco estar em um terceiro retardo em relação à dita segunda parte do sinal de áudio; e o dito quarto eco estar em um quarto retardo em relação ao dito terceiro eco.

5. Método de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de** o dito primeiro retardo ser igual ao dito terceiro retardo e/ou o dito segundo retardo ser igual ao dito quarto retardo.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, **caracterizado pelo fato de** os ditos retardos estarem entre 0,5 ms e 100 ms.

7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, **caracterizado pelo fato de** cada eco ter uma duração de entre 20 ms e 500 ms.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, **caracterizado pelo fato de** a polaridade de um eco em um dado retardo depender do valor de dados associado ao retardo e em que o dito processamento detecta a polaridade dos ecos e determina a dita pluralidade dos valores de dados a partir das polaridades de ecos detectados.

9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 8, **caracterizado pelo fato de** o ou cada eco associado a cada valor de dados ser intensificado gradativamente e enfraquecido gradativamente em diferentes tempos dentro de um período do símbolo de modo que diferentes ecos alcancem seus valores de pico em diferentes tempos dentro do período do símbolo e em que o processamento detecta os ecos em um momento quando for esperado que um eco esteja na sua amplitude de pico.

10. Aparelho receptor para recuperação de uma mensagem de dados incorporados em um sinal de áudio recebido, a mensagem de dados sendo correção antecipada de erro, FEC, codificada e incorporados no sinal de áudio como uma pluralidade de ecos, os ecos sendo combinados com o sinal de

áudio após retardos apropriados associados aos respectivos valores de dados da mensagem de dados, **caracterizado pelo fato de** o dito aparelho compreender:

um detector de eco (37) que recebe um sinal de entrada tendo o sinal de áudio e os ecos e que processa o sinal de entrada para detectar os ditos ecos no sinal de entrada nos retardos;

um módulo de recuperação de dados (39) que recupera dados a partir dos ecos detectados;

um decodificador FEC (41) para realizar decodificação FEC dos dados recuperados para regenerar a mensagem de dados; e

um controlador (91), responsivo a uma contagem de erro saída do decodificador FEC (41), para controlar a operação do decodificador FEC (41) para sincronizar o dispositivo receptor à mensagem de dados incorporados no sinal de entrada recebido.

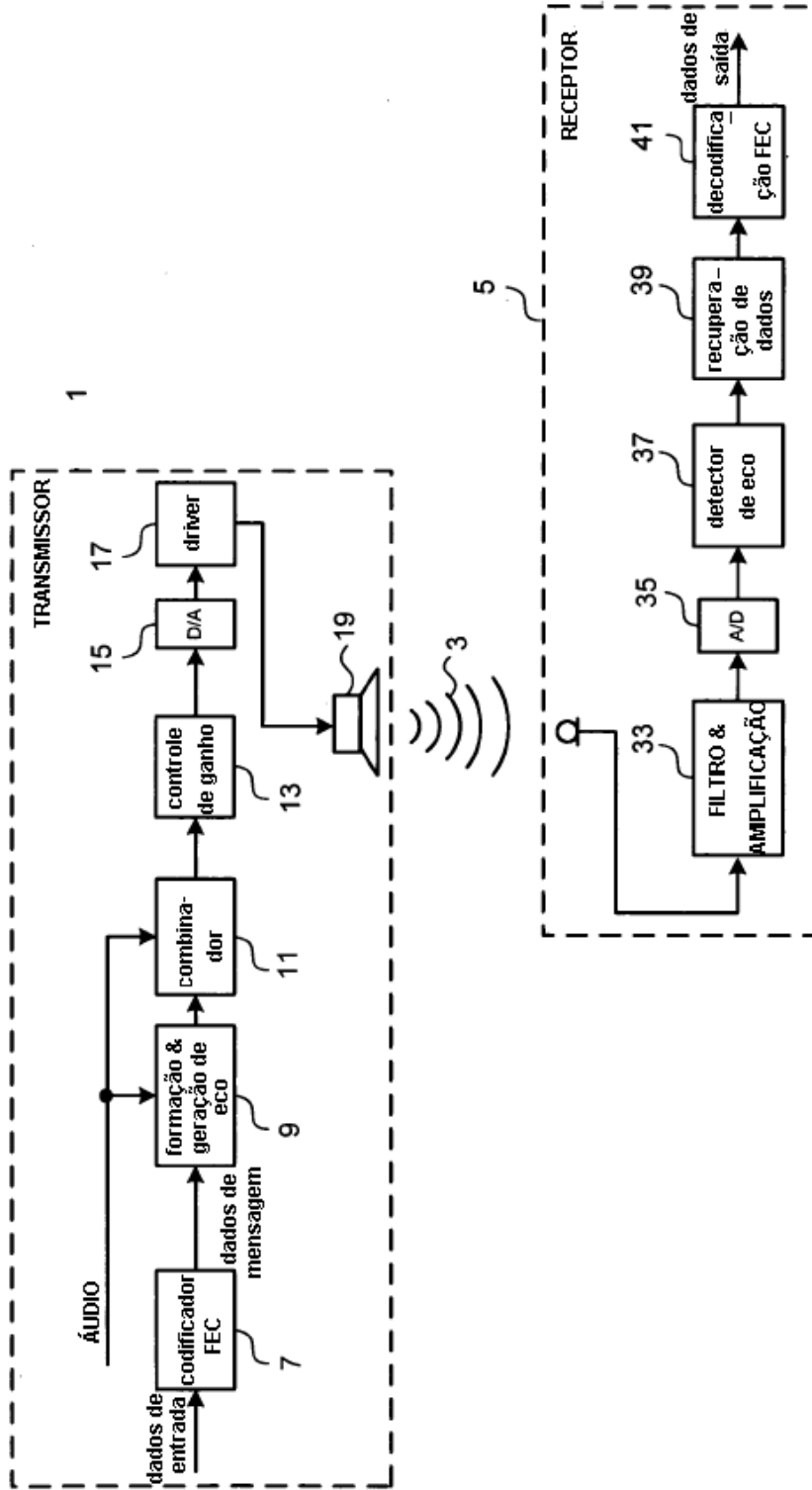
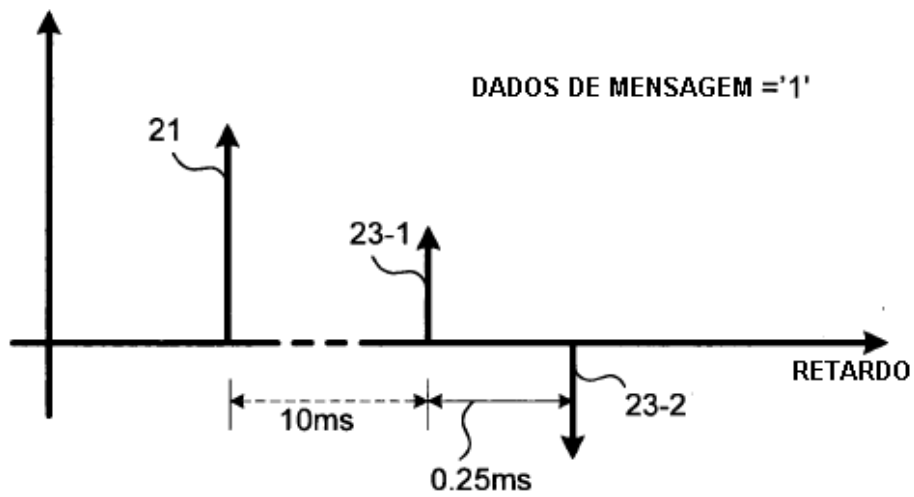
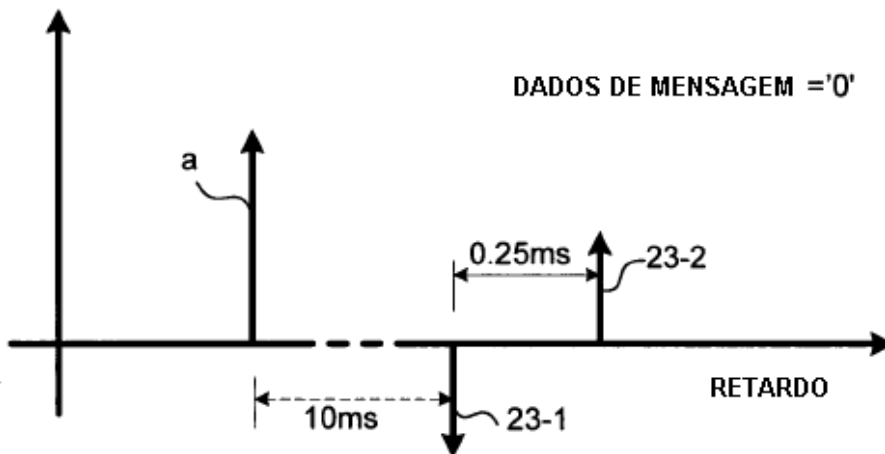


FIG. 1

**FIG. 2A****FIG. 2B**

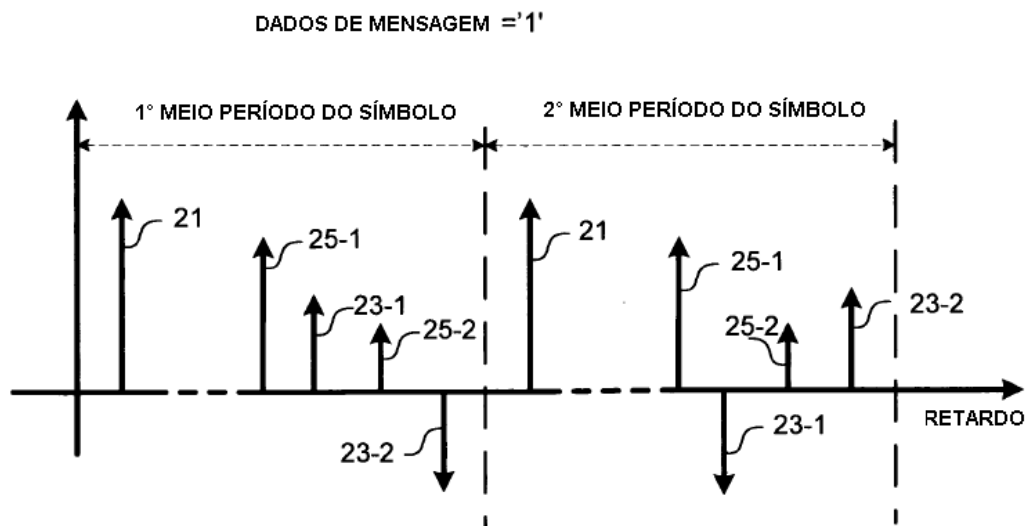


FIG. 3A

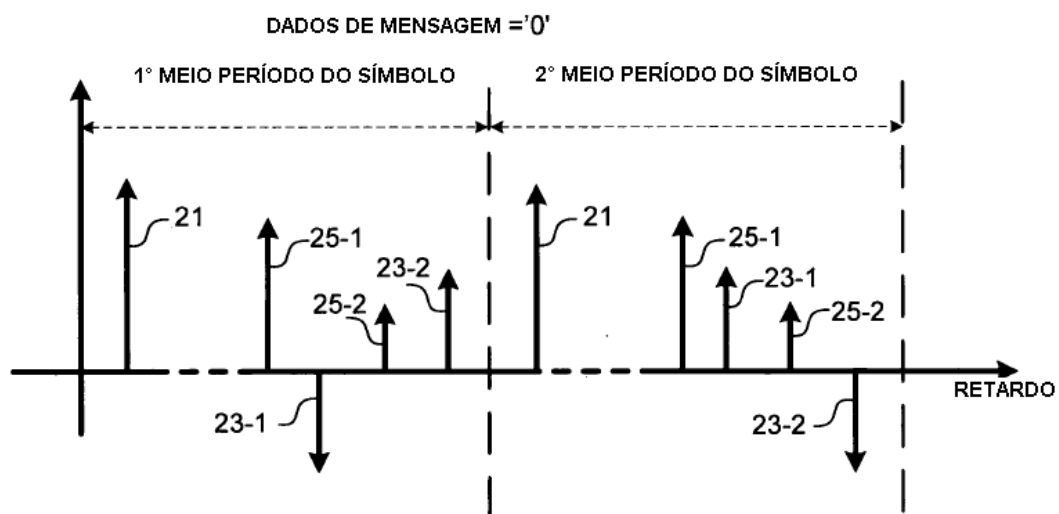


FIG. 3B

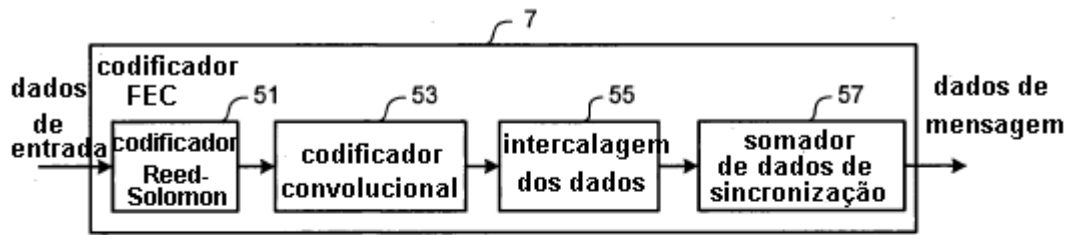


FIG. 4

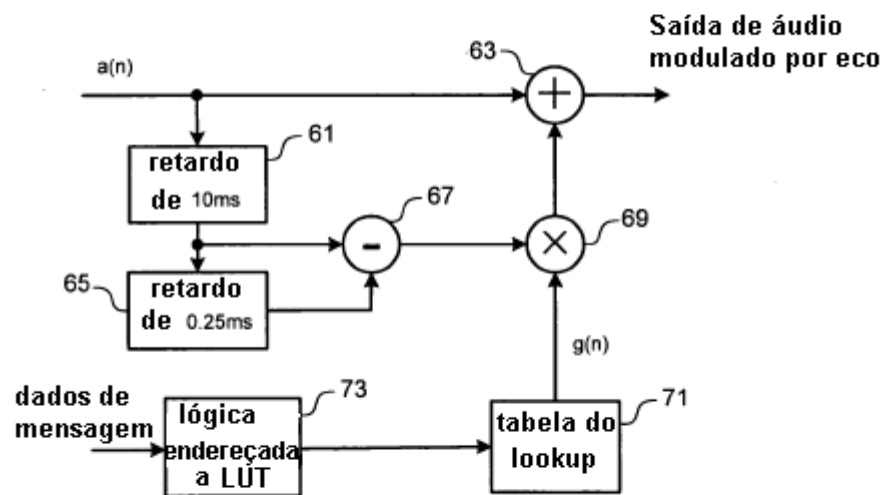


FIG. 5

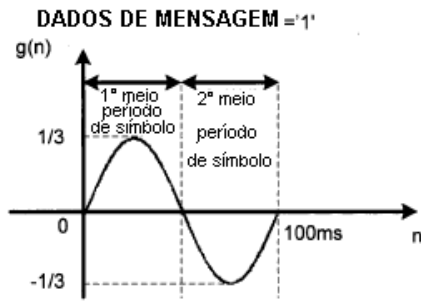


FIG. 6A

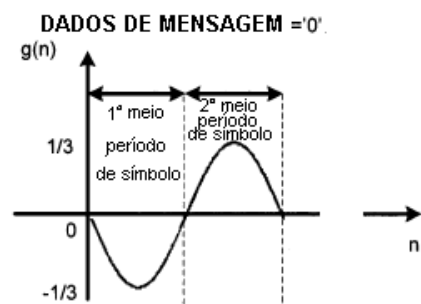


FIG. 6B

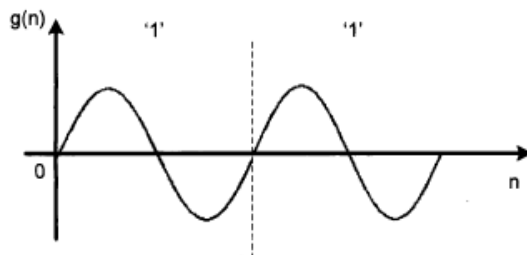


FIG. 6C

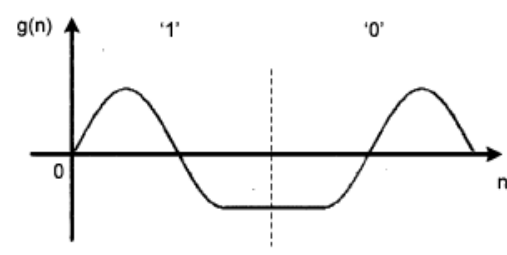


FIG. 6D

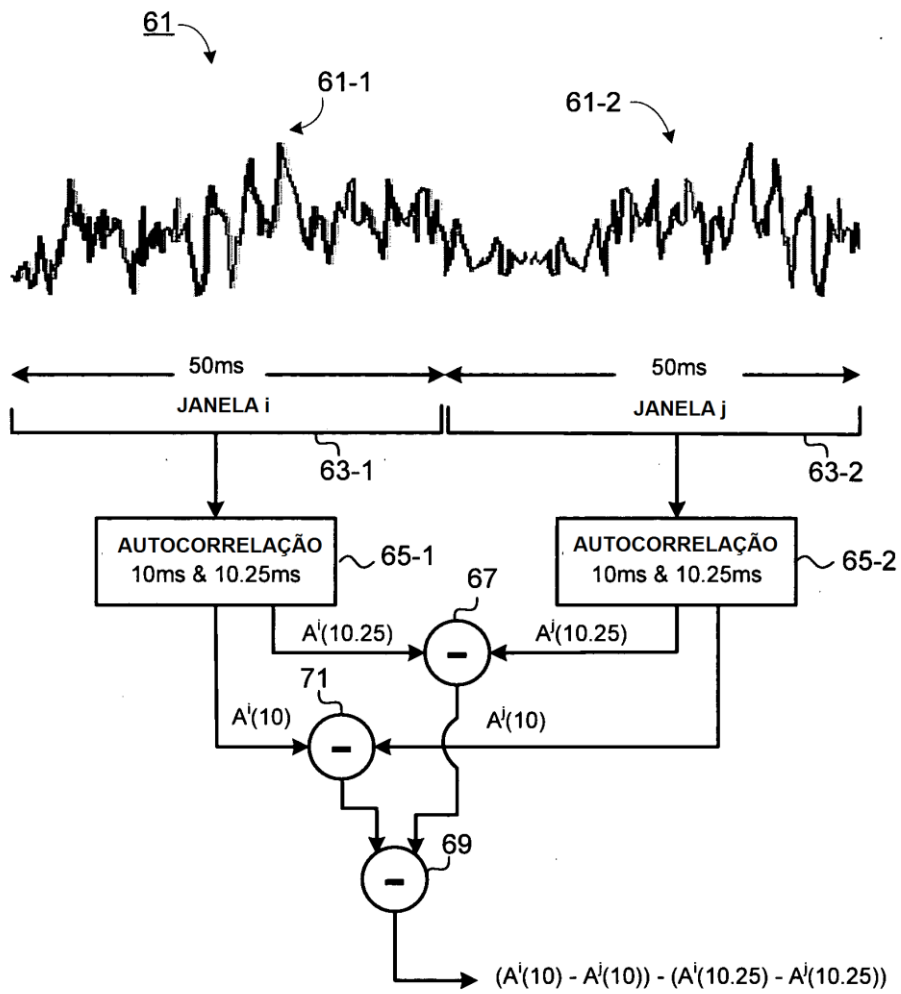
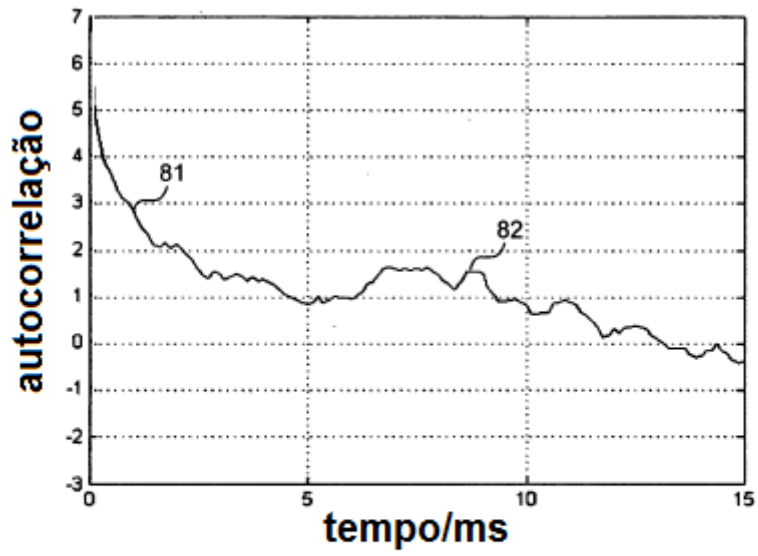
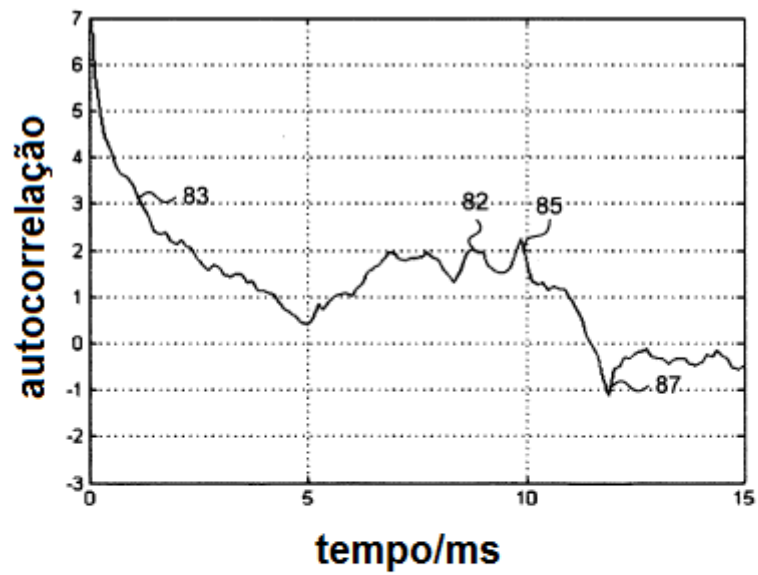
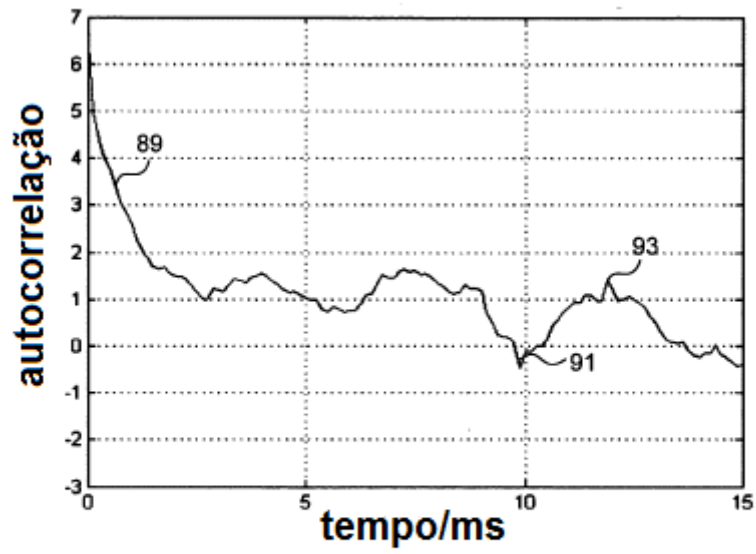
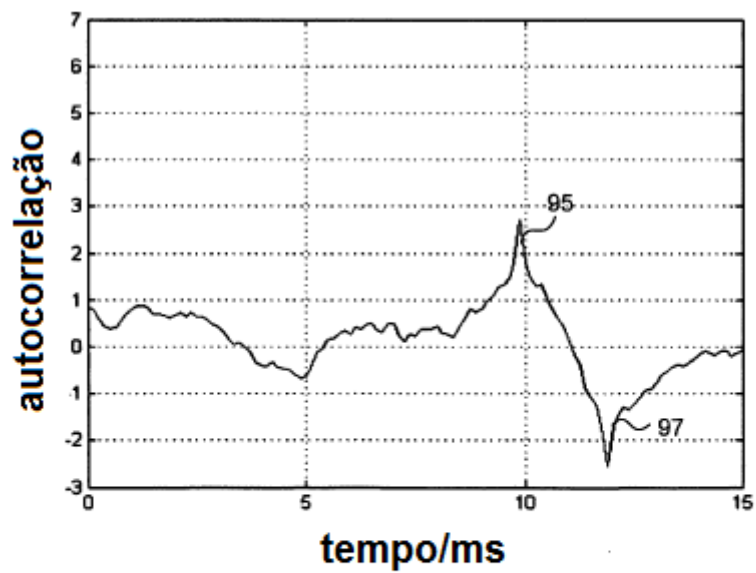


FIG. 7

**FIG. 8A****FIG. 8B**

**FIG. 8C****FIG. 8D**

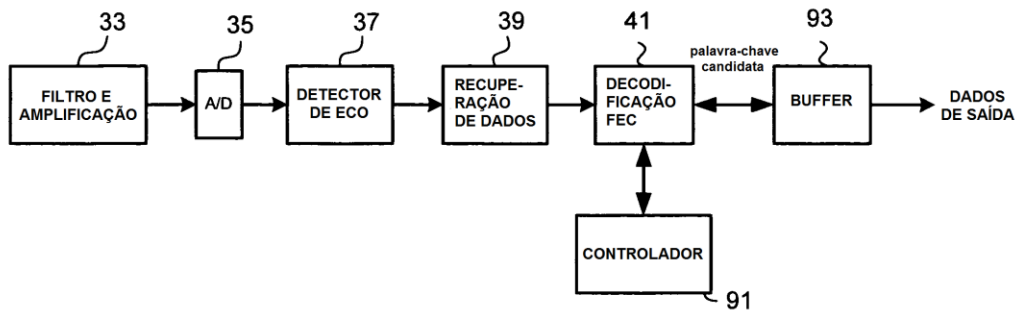


FIG. 9

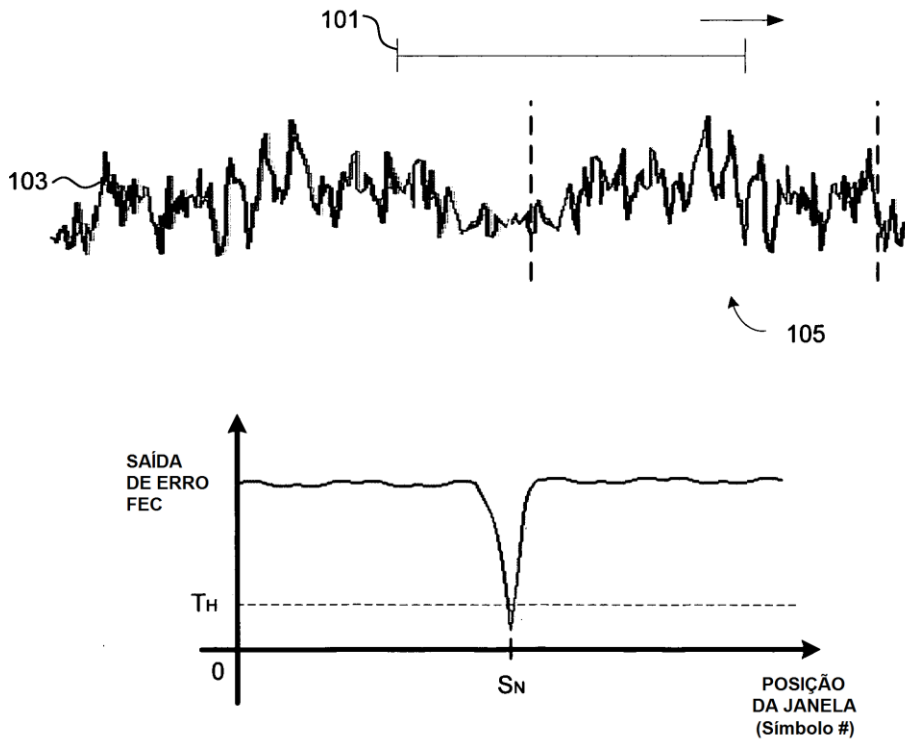
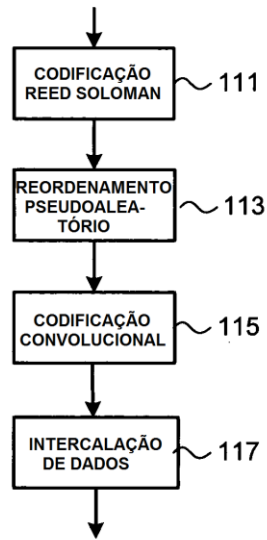
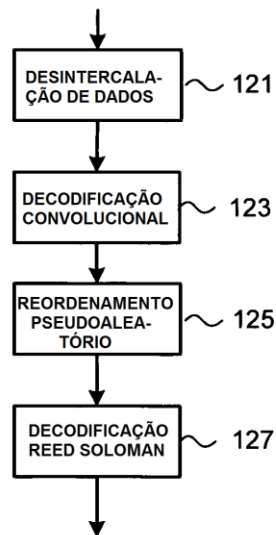


FIG. 10

**FIG. 11A****FIG. 11B**