

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

| | |
|--|--|
| (22) Data de pedido: 2000.05.22 | (73) Titular(es): ARBITRON INC. |
| (30) Prioridade(s): 1999.05.25 US 318045 | 9705 PATUXENT WOODS DRIVE COLUMBIA MD |
| (43) Data de publicação do pedido: 2002.08.07 | 21046 US |
| (45) Data e BPI da concessão: 2010.11.17 244/2010 | (72) Inventor(es): JAMES M. JENSEN US WENDELL D. LYNCH US ALAN R. NEUHAUSER US |
| | (74) Mandatário: ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA RUA DAS FLORES, Nº 74, 4º AND 1249-235 LISBOA PT |

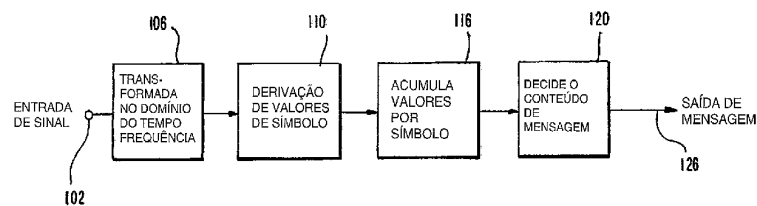
(54) Epígrafe: **DESCODIFICAÇÃO DE INFORMAÇÃO EM SINAIS DE ÁUDIO**

(57) Resumo:

SÃO PROPORCIONADOS SISTEMAS E MÉTODOS PARA DESCODIFICAR UM SÍMBOLO DE MENSAGEM NUM SINAL DE ÁUDIO. ESTE SÍMBOLO DE MENSAGEM É REPRESENTADO POR PRIMEIRO E SEGUNDO SÍMBOLOS DE CÓDIGO DESLOCADOS NO TEMPO. OS VALORES QUE REPRESENTAM OS SINAIS DE CÓDIGO SÃO ACUMULADOS (116) E OS VALORES ACUMULADOS SÃO EXAMINADOS PARA DETECTAR O SÍMBOLO DE MENSAGEM (120).

RESUMO**"Descodificação de informação em sinais de áudio"**

São proporcionados sistemas e métodos para descodificar um símbolo de mensagem num sinal de áudio. Este símbolo de mensagem é representado por primeiro e segundo símbolos de código deslocados no tempo. Os valores que representam os sinais de código são acumulados (116) e os valores acumulados são examinados para detectar o símbolo de mensagem (120).



DESCRIÇÃO

"Descodificação de informação em sinais de áudio"

ANTECEDENTES DO INVENTO

O presente invento refere-se aos métodos e aparelhos para extrair um sinal de informação a partir de um sinal de áudio codificado.

Existem várias motivações para incorporar de modo permanente ou de modo indelével sinais de informação em sinais de áudio, referidos como "marcação de água". Uma tal marca de água de áudio pode proporcionar, por exemplo, uma indicação de autoria, teor, linhagem, existência de protecção por direitos de autor ou semelhantes para os sinais de áudio assim marcados. Em alternativa, pode ser incorporada outra informação em sinais de áudio quer no que diz respeito ao próprio sinal quer no que diz respeito ao que não está relacionado com o mesmo. A informação pode ser incorporada num sinal de áudio para várias finalidades, tal como uma identificação ou como um endereço ou comando, quer esteja relacionado ou não com o próprio sinal.

Existe um interesse considerável em codificar sinais de áudio com informação para produzir sinais de áudio codificados que tenham substancialmente as mesmas características perceptíveis que os sinais de áudio originais não codificados. Técnicas recentes com sucesso exploram o efeito de mascaramento psicoacústico do sistema auditivo humano pelo que certos sons são imperceptíveis pelos humanos quando recebidos em conjunto com outros sons.

Uma utilização particularmente bem sucedida do efeito de mascaramento psicoacústico está descrita nas Patentes U.S. N.º 5 450 490 e N.º 5 764 763 (de Jensen et al.), onde a informação é representada por um sinal de código de múltiplas frequências o qual está incorporado num sinal de áudio baseado na capacidade de mascaramento do sinal de áudio. O sinal de áudio codificado é adequado para transmissão e recepção de radiodifusão assim como para gravação e reprodução. Quando recebido, o sinal de áudio é então

processado para detectar a presença do sinal de código de múltiplas frequências. Por vezes, apenas uma porção do sinal de código de múltiplas frequências, por exemplo, um número de componentes de código de frequência única, inserida dentro do sinal de áudio original é detectada no sinal de áudio recebido. Se for detectada uma quantidade suficiente de componentes de código, o próprio sinal de informação pode ser recuperado.

Em geral, um sinal acústico que tem níveis baixos de amplitude terá apenas uma capacidade mínima, se tiver de todo alguma, para mascarar acusticamente um sinal de informação. Por exemplo, tais níveis de baixa amplitude podem ocorrer durante uma pausa numa conversação, durante um interlúdio entre trechos de música ou até mesmos dentro de certos tipos de música. Durante um período longo de níveis de baixa amplitude pode ser difícil incorporar um sinal de código num sinal de áudio sem fazer com que o sinal de áudio codificado seja diferente do original de uma maneira acusticamente perceptível.

Um outro problema consiste na ocorrência de erros de impulso súbito durante a transmissão ou reprodução de sinais de áudio codificados. Os erros de impulso súbito podem surgir como trechos temporariamente contínuos de erro de sinal. Tais erros são em geral imprevisíveis e afectam substancialmente o conteúdo de um sinal de áudio codificado. Os erros de impulso súbito surgem tipicamente a partir de uma falha num canal de transmissão ou dispositivo de reprodução devido a interferências externas graves, tal como uma sobreposição de sinais a partir de diferentes canais de transmissão, uma ocorrência de picos de energia do sistema, uma interrupção nas operações normais, uma introdução de contaminação de ruído (intencionalmente ou de outro modo) e semelhantes. Num sistema de transmissão, tais circunstâncias podem fazer com que uma porção dos sinais de áudio codificados transmitidos não se possa receber totalmente ou seja significativamente alterada. Sem retransmissão do sinal de áudio codificado, a porção afectada do áudio codificado pode ser completamente irrecuperável, enquanto que em outras situações as alterações ao sinal de áudio codificado podem tornar o sinal de informação embutido indetectável. Em muitas aplicações, tais

como em radiodifusão de rádio e televisão, a retransmissão em tempo real de sinais de áudio codificados é simplesmente impraticável.

Em sistemas para reproduzir acusticamente sinais de áudio gravados em meios, uma variedade de factores pode provocar erros de impulso súbito no sinal acústico reproduzido. Geralmente, uma irregularidade no meio de gravação, provocada por danos, obstrução ou desgaste, resulta em certas porções dos sinais de áudio gravados ficarem sem possibilidade de se reproduzirem ou ficarem significativamente alteradas quando da reprodução. Além disso, o desalinhamento ou a interferência com o mecanismo de gravação ou reprodução em relação ao meio de gravação pode provocar erros do tipo de impulso súbito durante uma reprodução acústica de sinais de áudio gravados. Mais ainda, as limitações acústicas de um altifalante assim como as características acústicas do ambiente de audição podem resultar em irregularidades espaciais na distribuição da energia acústica. Tais irregularidades podem fazer com que os erros de impulso súbito ocorram em sinais acústicos recebidos, interferindo com a recuperação de código.

OBJECTOS E SUMÁRIO DO INVENTO

Por conseguinte, um objecto do presente invento consiste em proporcionar sistemas e métodos para detectar símbolos de código em sinais de áudio que aliviam os problemas provocados por períodos de níveis baixos de sinal e erros de impulso súbito.

É um outro objecto do invento proporcionar tais sistemas e métodos os quais concedem uma operação fiável sob condições adversas.

É um outro objecto do invento proporcionar tais sistemas e métodos os quais sejam robustos.

Em conformidade com um primeiro aspecto, o presente invento reside num sistema de acordo com a reivindicação 1. De acordo com um segundo aspecto, o presente invento reside num método de acordo com a reivindicação 16.

Em certas concretizações, o primeiro e o segundo valores de sinal são acumulados ao armazenar os valores de modo separado e o símbolo de mensagem comum é detectado ao examinar ambos os valores armazenados de modo separado. O primeiro e o segundo valores de sinal podem representar valores de sinal derivados de múltiplos outros valores de sinal, tais como valores de componentes de frequência de código individuais, ou um valor de sinal único, tal como uma medição da magnitude de um componente de frequência de código única. Além do mais, pode ser obtido um valor derivado como uma combinação linear de valores de sinal múltiplos, tais como um somatório de valores ponderados ou não ponderados, ou como uma sua função não linear.

Em outras concretizações, o primeiro e o segundo valores de sinal são acumulados ao produzir um terceiro valor de sinal derivado do primeiro e do segundo valores. O terceiro valor de sinal em algumas concretizações deriva através de uma combinação linear do primeiro e do segundo valores de sinal, tal como um seu somatório ponderado ou não ponderado ou como uma sua função não linear.

Outros objectos, características e vantagens de acordo com o presente invento tornar-se-ão aparentes a partir da descrição detalhada que se segue de certas concretizações vantajosas quando lidas em conjunção com os desenhos anexos nos quais as mesmas componentes são identificadas pelos mesmos números de referência.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A FIG. 1 é um diagrama funcional de blocos de um aparelho de codificação;

a FIG. 2 é uma tabela à qual será feita referência na explicação de uma metodologia para codificar informação num sinal de áudio;

as FIGS. 3A, 3B e 3C são diagramas esquemáticos os quais ilustram uma metodologia de codificação de sinal de áudio;

a FIG. 4 é uma outra tabela à qual será feita referência na explicação de uma metodologia para codificar informação num sinal de áudio;

a FIG. 5 é um diagrama de blocos que ilustra um sistema de codificação de sinal de áudio de múltiplas etapas;

a FIG. 6 é um diagrama funcional de blocos de um medidor portátil pessoal;

a FIG. 7 é um diagrama funcional de blocos que ilustra um aparelho de descodificação;

a FIG. 8 é um diagrama sequencial que ilustra uma metodologia para recuperar um código de informação a partir de um sinal de áudio codificado;

a FIG. 9 é um diagrama esquemático de um dispositivo de armazenagem temporária de SNR circular utilizado na realização da metodologia da FIG. 8;

a FIG. 10 é um diagrama sequencial que ilustra uma outra metodologia para recuperação de um código de informação a partir de um sinal de áudio codificado.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE CERTAS CONCRETIZAÇÕES VANTAJOSAS

O presente invento refere-se à utilização de codificação especialmente robusta que converte informação em sequências redundantes de símbolos de código. Em certas concretizações, cada símbolo de código é representado por um conjunto de sinais de código de frequência única predeterminados diferentes; contudo, em outras concretizações os símbolos de código diferentes podem em opção partilhar certos sinais de código de frequência única ou podem ser proporcionados por uma metodologia que não atribui componentes de frequência predeterminadas a um dado símbolo. A sequência redundante de símbolos é incorporada nos sinais de áudio para produzir sinais de áudio codificados que não são notados pelo ouvinte mas são independentemente disso recuperáveis.

A sequência de símbolos de código redundante é especialmente adequada para incorporação em sinais de áudio que têm baixa capacidade de mascaramento, tais como sinais de áudio que têm muitas porções de baixa amplitude ou semelhantes. Em adição, quando incorporada nos sinais de áudio, a sequência redundante de símbolos de código resiste à degradação por erros de impulso súbito que afectam os sinais de áudio temporariamente contíguos. Tal como descrito aqui acima, tais erros podem ser o resultado de processos de gravação, reprodução e/ou armazenagem de sinais de áudio

imperfeitos, transmissão dos sinais de áudio através de um canal com perda e/ou ruidoso, irregularidades num ambiente acústico ou semelhantes.

Para recuperar a informação codificada em certas concretizações vantajosas, os sinais de áudio codificados são examinados numa tentativa de detectar a presença de componentes de código de frequência única predeterminadas. Durante o processo de codificação, algumas componentes de código de frequência única podem não ter sido incorporadas nos sinais de áudio em certos intervalos de sinal devido a uma insuficiente capacidade de mascaramento nos sinais de áudio nestes intervalos. Os erros de impulso súbito que corromperam porções dos sinais de áudio codificados podem resultar na eliminação de certos sinais de código dos sinais de áudio codificados ou na inserção de sinais falsos, tais como ruído, nos sinais de áudio codificados. Assim, o exame dos sinais de áudio codificados irá provavelmente revelar uma versão muito distorcida da sequência original de conjuntos de sinais de código de frequência única que representaram a informação.

As componentes de código de frequência única que são recuperadas, juntamente com os sinais adicionais falsos que são detectados por engano como sinais de código, são processadas para discernir a sequência original de símbolos de código, caso seja possível. As operações de detecção e processamento de sinais de código estão especificamente adaptadas para explorar as resistências da metodologia de codificação. Como resultado, a metodologia de detecção e processamento do presente invento proporciona uma tolerância melhorada ao erro.

A FIG. 1 é um diagrama funcional de blocos de um codificador de sinal de áudio 10. O codificador 10 implementa uma função de geração de símbolo opcional 12, uma função de geração de sequência de símbolos 14, uma função de codificação de símbolo 16, uma função de avaliação/ajustamento de efeito de mascaramento acústico 18 e uma função de inclusão de sinal de áudio 20. De preferência, o codificador 10 compreende um sistema de computador controlado por suporte lógico. O computador pode ser proporcionado com um processador analógico para amostragem de

um sinal de áudio analógico a ser codificado, ou pode introduzir o sinal de áudio directamente na forma digital, com ou sem nova amostragem. Em alternativa, o codificador 10 pode compreender uma ou mais componentes de processamento de sinal discretas.

A função de geração de símbolo 12, quando empregue, converte um sinal de informação num conjunto de símbolos de código. Esta função pode ser realizada com a utilização de um dispositivo de memória, tal como uma EPROM de semiconductor do sistema de computador, a qual é pré-armazenada com uma tabela de símbolos de código adequada para indexação em relação a um sinal de informação. Um exemplo de uma tabela para conversão de um sinal de informação num símbolo de código para certas aplicações é mostrado na FIG. 2. A tabela pode ser armazenada num disco rígido ou outro dispositivo de armazenagem adequado do sistema de computador. A função de geração de símbolo também pode ser realizada por uma ou mais componentes discretas, tal como uma EPROM e dispositivos de controlo associados, através de um arranjo lógico, através de uma aplicação de circuito integrado específico ou qualquer outro dispositivo adequado ou combinação de dispositivos. A função de geração de símbolo também pode ser implementada por um ou mais dispositivos os quais também implementam uma ou mais das restantes funções ilustradas na FIG. 1.

A função de geração de sequência de símbolos 14 formata os símbolos produzidos pela função de geração de símbolo (ou entrada directamente para o codificador 10) numa sequência redundante de símbolos de código ou símbolos de informação. Como parte do processo de formatação, em certas concretizações são adicionados símbolos de marcador e/ou símbolos de sincronização à sequência de símbolos de código. A sequência redundante de símbolos de código está concebida para ser especialmente resistente a erros de impulso súbito e processos de codificação de sinal de áudio. Irá ser proporcionada em ligação com a discussão das FIGS. 3A, 3B e 3C abaixo uma outra explicação das sequências redundantes de símbolos de código em conformidade com certas concretizações. De preferência, a função de geração 14 é implementada num dispositivo de processamento, tal como um sistema de microprocessador, ou através de um dispositivo de formatação

dedicado, tal como uma aplicação de circuito integrado específico ou um arranjo lógico, através de uma pluralidade de componentes ou uma combinação dos anteriores. A função de geração de sequência de símbolos também pode ser implementada por um ou mais dispositivos, os quais também implementam uma ou mais das restantes funções ilustradas na FIG. 1.

Tal como indicado acima, a função de geração de sequência de símbolos 14 é opcional. Por exemplo, o processo de codificação pode ser realizado de tal modo que o sinal de informação seja traduzido directamente numa sequência de símbolos predeterminada, sem implementar funções de geração de símbolos e geração de sequência de símbolos separadas.

Cada símbolo da sequência de símbolos assim produzida é convertido pela função de codificação de símbolo 16 numa pluralidade de sinais de código de frequência única. Em certas concretizações vantajosas a função de codificação de símbolo é realizada por meio de um dispositivo de memória do sistema de computador, tal como uma EPROM de semiconductor, a qual é pré-armazenada com conjuntos de sinais de código de frequência única que correspondem a cada símbolo. Um exemplo de uma tabela de símbolos e conjuntos correspondentes de sinais de código de frequência única é mostrada na FIG. 4.

Em alternativa, os conjuntos de sinais de código podem ser armazenados num disco rígido ou outro dispositivo de armazenagem adequado do sistema de computador. A função de codificação também pode ser implementada por uma ou mais componentes discretas, tais como uma EPROM e dispositivos de controlo associados, através de um arranjo lógico, através de uma aplicação de circuito integrado específico ou qualquer outro dispositivo adequado ou combinação de dispositivos. A função de codificação também pode ser realizada por um ou mais dispositivos, os quais também implementam uma ou mais das funções restantes ilustradas na FIG. 1.

Na alternativa, a sequência codificada pode ser gerada directamente a partir do sinal de informação, sem implementar as funções separadas 12, 14 e 16.

A função de avaliação/ajustamento de efeito de mascaramento acústico 18 determina a capacidade de um sinal de áudio de entrada para mascarar sinais de código de frequência única produzidos pela função de codificação de símbolo 16. Com base na determinação da capacidade de mascaramento do sinal de áudio, a função 18 gera parâmetros de ajustamento para ajustar as magnitudes relativas dos sinais de código de frequência única, de modo que tais sinais de código se tornarão inaudíveis por um ouvinte humano quando incorporados no sinal de áudio. Nas situações em que o sinal de áudio é determinado para ter baixa capacidade de mascaramento, devido a uma baixa amplitude de sinal ou outras características de sinal, os parâmetros de ajustamento podem reduzir as magnitudes de certos sinais de código para níveis extremamente baixos ou podem anular tais sinais totalmente. Inversamente, nas situações em que o sinal de áudio é determinado para ter uma capacidade de mascaramento maior, tal capacidade pode ser utilizada através da geração de parâmetros de ajustamento que aumentam as magnitudes de sinais de código particulares. Os sinais de código que têm magnitudes aumentadas têm em geral mais probabilidade de se poderem distinguir do ruído e assim poderem ser detectados por um dispositivo de descodificação. Outros detalhes de certas concretizações vantajosas de tais funções de avaliação/ajustamento estão especificados nas Patentes U.S. N.º 5 764 763 e N.º 5 450 490 de Jensen, et al., cada uma intitulada Aparelho e Métodos para Incluir Códigos em Sinais de Áudio e Descodificação.

Em certas concretizações, a função 18 aplica os parâmetros de ajustamento aos sinais de código de frequência única para produzir sinais de código de frequência única ajustados. Os sinais de código ajustados são incluídos no sinal de áudio através da função 20. Em alternativa, a função 18 fornece os parâmetros de ajustamento juntamente com os sinais de código de frequência única para ajustamento e inclusão no sinal de áudio pela função 20. Ainda em outras concretizações, a função 18 é combinada com uma ou mais das funções 12, 14 e 16 para produzir sinais de código de frequência única ajustados em magnitude directamente.

Em certas concretizações, a função de avaliação/ajustamento de efeito de mascaramento acústico 18 é implementada num dispositivo de processamento, tal como um sistema de microprocessador o qual também pode implementar uma ou mais das funções adicionais ilustradas na FIG. 1. A função 18 também pode ser realizada por um dispositivo dedicado, tal como uma aplicação de circuito integrado específico ou um arranjo lógico, ou através de uma pluralidade de componentes discretas ou uma combinação dos anteriores.

A função de inclusão de código 20 combina as componentes de código de frequência única com o sinal de áudio para produzir um sinal de áudio codificado. Numa implementação virada para a frente, a função 20 adiciona simplesmente os sinais de código de frequência única directamente ao sinal de áudio. Contudo, a função 20 pode sobrepor os sinais de código sobre o sinal de áudio. Em alternativa, o modulador 20 pode modificar as amplitudes das frequências dentro do sinal de áudio de acordo com uma entrada a partir da função de avaliação de efeito de mascaramento acústico 18 para produzir um sinal de áudio codificado que inclui os sinais de código ajustados. Além do mais, a função de inclusão de código pode ser realizada quer no domínio do tempo quer no domínio da frequência. A função de inclusão de código 20 pode ser implementada por meio de um circuito de adição ou por meio de um processador. Esta função também pode ser implementada por um ou mais dispositivos descritos acima os quais também implementam uma ou mais das funções restantes ilustradas na FIG. 1.

Uma ou mais das funções 12 até 20 pode ser implementada por um único dispositivo. Em certas concretizações vantajosas, as funções 12, 14, 16 e 18 são implementadas por um único processador, e ainda em outras um único processador suporta todas as funções ilustradas na FIG. 1. Além do mais, duas ou mais das funções 12, 14, 16 e 18 podem ser implementadas por meio de uma única tabela mantida num dispositivo de armazenagem apropriado.

A FIG. 2 ilustra uma tabela de conversão exemplificativa para converter um sinal de informação num símbolo de código.

Tal como mostrado, um sinal de informação pode compreender informação no que diz respeito ao conteúdo, às características ou outras considerações relacionadas com um sinal de áudio particular. Por exemplo, é contemplado que um sinal de áudio possa ser modificado de modo a incluir uma indicação inaudível de que a protecção por direitos de autor é reivindicada no programa de áudio. De modo correspondente, um símbolo, tal como S_1 , pode ser utilizado para indicar que a protecção por direitos de autor é reivindicada no trabalho particular. De modo similar, um autor pode ser identificado com um símbolo único S_2 ou uma estação de radiodifusão identificada com um símbolo único S_3 . Mais ainda, uma data particular pode ser representada por um símbolo S_4 . É claro que podem ser incluídos muitos outros tipos de informação num sinal de informação e convertidos num símbolo. Por exemplo, a informação tal como as moradas, comandos, chaves de encriptação, etc., pode ser codificada em tais símbolos. Em alternativa, conjuntos ou sequências de símbolos, em adição a ou em vez de símbolos individuais, podem ser utilizados para representar tipos particulares de informação. Como outra alternativa, pode ser implementada uma linguagem simbólica inteira para representar qualquer tipo de sinal de informação. Além disso, a informação codificada não precisa relacionar-se com o sinal de áudio.

A FIG. 3A é um diagrama esquemático que ilustra um fluxo de símbolos que podem ser gerados pela função de geração de símbolo 12 da FIG. 1, enquanto as FIGS. 3B e 3C são diagramas esquemáticos que ilustram sequências de símbolos, os quais podem ser gerados pela função de geração de sequência de símbolos 14 da FIG. 1 em resposta ao fluxo de símbolos da FIG. 3A. Nas FIGS. 3A até 3C, S_1 , S_2 , S_3 e S_4 são utilizados como exemplos de símbolos para ilustrar as características do presente invento e não se pretende que limitem a sua capacidade de aplicação. Por exemplo, a informação representada por qualquer um ou mais dos símbolos S_1 , S_2 , S_3 ou S_4 pode ser seleccionada de modo arbitrário sem referência ao que está representado por qualquer um ou mais dos outros símbolos.

A FIG. 3B ilustra um exemplo de uma unidade de núcleo de uma sequência de símbolos redundante representativa de um

conjunto de entrada de quatro símbolos S_1 , S_2 , S_3 e S_4 . A unidade de núcleo começa com um primeiro troço de mensagem que tem a sequência ou símbolo de marcador S_A , seguido pelos quatro símbolos de dados de entrada, seguido por três troços de mensagem de repetição, cada um constituído por uma sequência ou símbolos de marcador S_B e os quatro símbolos de entrada. Para muitas aplicações, esta unidade de núcleo por si só é suficientemente redundante para proporcionar o nível necessário de capacidade de sobrevivência. Em alternativa, esta unidade de núcleo pode por si só ser repetida para aumentar a capacidade de sobrevivência. Além do mais, a unidade de núcleo pode ter mais ou menos do que quatro troços de mensagem, assim como troços que têm mais ou menos do que quatro ou cinco símbolos.

Generalizando a partir deste exemplo, um conjunto de entrada de N símbolos S_1 , S_2 , S_3 , ..., S_{N-1} , S_N é representado pela sequência de símbolos redundante que compreende S_A , S_1 , S_2 , S_3 , ..., S_{N-1} , S_N , seguido por $(P-1)$ troços de repetição que compreendem S_B , S_1 , S_2 , S_3 , ..., S_{N-1} , S_N . Tal como no exemplo, esta unidade de núcleo pode ela própria ser repetida de modo a aumentar a capacidade de sobrevivência. Em adição, a sequência de símbolos nos troços de mensagem pode ser variada de troço para troço desde que o descodificador esteja disposto para reconhecer símbolos correspondentes nos vários troços. Além do mais, podem ser empregues sequências ou símbolos de marcador diferentes e suas combinações, e as posições dos marcadores em relação aos símbolos de dados podem estar dispostas de modo diferente. Por exemplo, a sequência pode assumir a forma S_1 , S_2 , ..., S_A , ..., S_N ou a forma S_1 , S_2 , ..., S_N , S_A .

A FIG. 3C ilustra um exemplo de uma unidade de núcleo vantajosa de uma sequência de símbolos redundante representativa de um conjunto de entrada de quatro símbolos de dados S_1 , S_2 , S_3 e S_4 . A unidade de núcleo começa com uma sequência ou símbolo de marcador S_A , seguido pelos quatro símbolos de dados de entrada, seguido por uma sequência ou símbolo de marcador S_B , seguido por $S_{(1+\delta) \bmod M}$, $S_{(2+\delta) \bmod M}$, $S_{(3+\delta) \bmod M}$, $S_{(4+\delta) \bmod M}$, onde M é o número de símbolos diferentes no conjunto de símbolos disponíveis e onde δ é um desvio que tem

um valor entre \emptyset e M . Numa concretização vantajosa, o desvio δ é seleccionado como uma verificação de soma CRC. Ainda em outras concretizações, o valor do desvio δ é variado de tempos a tempos para codificar informação adicional na mensagem. Por exemplo, se o desvio poder variar de 0 a 9, podem ser codificados nove estados de informação diferentes no desvio.

Generalizando a partir deste exemplo, um conjunto de entrada de N símbolos $S_1, S_2, S_3, \dots S_{N-1}, S_N$ é representado pela sequência de símbolos redundante que compreende $S_A, S_1, S_2, S_3, \dots S_{N-1}, S_N, S_B, S_{(1+\delta) \bmod M}, S_{(2+\delta) \bmod M}, S_{(3+\delta) \bmod M}, \dots S_{(N-1+\delta) \bmod M}, S_{(N+\delta) \bmod M}$. Quer dizer, a mesma informação é representada por dois ou mais símbolos diferentes na mesma unidade de núcleo e reconhecida ali de acordo com a sua ordem. Em adição, estas unidades de núcleo podem, elas próprias, ser repetidas para aumentar a capacidade de sobrevivência. Uma vez que a mesma informação seja representada por múltiplos símbolos diferentes, a codificação é feita substancialmente de modo mais robusto. Por exemplo, a estrutura de um sinal de áudio pode imitar a componente de frequência de um dos símbolos de dados S_N , mas a probabilidade de o sinal de áudio vir também a imitar o seu desvio correspondente $S_{(N+\delta) \bmod M}$ na sua ocorrência predeterminada é muito mais pequena. Além disso, uma vez que o desvio é o mesmo para todos os símbolos dentro de um dado troço, esta informação proporciona uma verificação adicional acerca da validade dos símbolos detectados dentro daquele troço. Consequentemente, o formato de codificação da FIG. 3C reduz substancialmente a probabilidade de detecções falsas induzidas pela estrutura do sinal de áudio.

Uma resistência particular da sequência redundante exemplificada na FIG. 3 é a sua utilização dos símbolos de entrada na sua ordem original seguida por (a) uma disposição diferente dos símbolos de entrada, (b) uma disposição de símbolos que inclui outros símbolos no lugar de um ou mais dos símbolos de entrada, com ou sem uma nova disposição da ordem de símbolo de entrada, ou (c) uma disposição dos símbolos diferente dos símbolos de entrada. As disposições (b) e (c) são particularmente robustas uma vez que, quando da

codificação de símbolo, é conseguida uma diversidade aumentada de sinais de código de frequência única. Assumindo que os símbolos de entrada são codificados colectivamente de entre um primeiro grupo de sinais de código, os símbolos nas disposições (b) e (c) serão codificados com um outro grupo de sinais de código que, até um certo ponto, não sobrepõe o primeiro grupo. Uma diversidade maior de sinais de código irá em geral aumentar a probabilidade de alguns sinais de código estarem dentro da capacidade de mascaramento do sinal de áudio.

A tabela da FIG. 4 ilustra uma conversão exemplificativa para uma sequência ou símbolo de marcador S_A , uma sequência ou símbolo de marcador S_B e N símbolos de dados $S_1, S_2, S_3, \dots, S_{N-1}, S_N$, em conjuntos correspondentes de M sinais de código de frequência única $f_{1x}, f_{2x}, f_{3x}, \dots, f_{[M-1]x}, f_{Mx}$, onde x refere o subscrito de identificação do símbolo particular. Muito embora os sinais de código de frequência única possam ocorrer por toda a gama de frequências do sinal de áudio e, até um certo ponto, fora de tal gama de frequências, os sinais de código desta concretização estão dentro da gama de frequência de 500 Hz a 5500 Hz mas podem ser seleccionados como uma gama de frequências diferente. Numa concretização, os conjuntos de M sinais de código de frequência única podem partilhar certos sinais de código de frequência única; contudo, numa concretização preferida, os sinais de código de frequência única encontram-se completamente em não sobreposição. Além do mais, não é necessário que todos os símbolos sejam representados pelo menos número de componentes de frequência.

A FIG. 5 ilustra um sistema de codificação de sinal de áudio de múltiplas etapas 50. Este sistema implementa múltiplos codificadores de sinal de áudio para codificar com sucesso um sinal de áudio 52 dado que se desloca ao longo de uma típica rede de distribuição de sinal de áudio. Em cada etapa da distribuição, o sinal de áudio é sucessivamente codificado com um sinal de informação conveniente para a etapa particular. De preferência, as codificações sucessivas dos respectivos sinais de informação não produzem sinais de código que se sobreponham em frequência. Independentemente disso, devido à natureza robusta da metodologia de codificação, a sobreposição parcial entre as componentes de

frequência dos respectivos sinais de informação codificados é tolerável. O sistema 50 inclui uma instalação de gravação 54; um radiodifusor 66; uma estação de retransmissão 76; codificadores de sinal de áudio 58, 70 e 80; um gravador de sinal de áudio 62; uma instalação de ouvinte 86; e um descodificador de sinal de áudio 88.

A instalação de gravação 54 inclui aparelhos para receber e codificar sinais de áudio e gravação de sinais de áudio codificados sobre um meio de armazenagem. Especificamente, a instalação 54 inclui um codificador de sinal de áudio 58 e um gravador de sinal de áudio 62. O codificador de sinal de áudio 58 recebe uma alimentação de sinal de áudio 52 e um sinal de informação de gravação 56 e codifica o sinal de áudio 52 com o sinal de informação 56 para produzir um sinal de áudio codificado 60. A alimentação de sinal de áudio 52 pode ser produzida por qualquer fonte convencional de sinais de áudio tal como um microfone, um aparelho para reproduzir sinais de áudio gravados ou semelhantes. O sinal de informação de gravação 56 compreende de preferência alimentação de sinal de áudio relativa a informação 52, tal como a sua autoria, conteúdo ou linhagem, ou a existência de protecção por direitos de autor ou semelhantes. Em alternativa, o sinal de informação de gravação 56 pode compreender qualquer tipo de dados.

O gravador 62 é um dispositivo convencional para gravar sinais de áudio codificados 60 sobre um meio de armazenagem o qual é adequado para distribuição a um ou mais meios de radiodifusão 66. Em alternativa, o gravador de sinal de áudio 62 pode ser totalmente omitido. Podem ser distribuídos sinais de áudio codificados 60 através da distribuição do meio de armazenagem gravado ou através de uma ligação de comunicação 64. A ligação de comunicação 64 prolonga-se entre a instalação de gravação 54 e o radiodifusor 66 e pode compreender um canal de radiodifusão, uma ligação de microondas, uma ligação de fio ou fibra óptica ou semelhantes.

O radiodifusor 66 é uma estação de radiodifusão que recebe sinais de áudio codificados 60, codifica ainda tais sinais 60 com um sinal de informação de radiodifusor 68 para

produzir um sinal de áudio duplamente codificado 72, e radiodifunde o sinal de áudio duplamente codificado 72 ao longo de um percurso de transmissão 74. O radiodifusor 66 inclui um codificador de sinal de áudio 70 que recebe sinal de áudio codificado 60 a partir da instalação de gravação 54 e um sinal de informação de radiodifusor 68. O sinal de informação de radiodifusor 68 pode compreender informação respeitante ao radiodifusor 66, tal como um código de identificação, ou no que diz respeito ao processo de radiodifusão, tal como o tempo, data ou características da radiodifusão, o(s) recipiente(s) pretendido(s) do sinal de radiodifusão ou semelhantes. O codificador 70 codifica o sinal de áudio codificado 60 com o sinal de informação 68 para produzir um sinal de áudio duplamente codificado 72. O percurso de transmissão 74 que se prolonga entre o radiodifusor 66 e a estação de retransmissão 76 pode compreender um canal de radiodifusão, uma ligação de microondas, uma ligação de fio ou fibra óptica ou semelhantes.

A estação de retransmissão 76 recebe um sinal de áudio duplamente codificado 72 a partir do radiodifusor 66, codifica ainda aquele sinal com um sinal de informação de estação de retransmissão 78, e transmite o sinal de áudio triplamente codificado 82 para uma instalação de ouvinte 86 através de um percurso de transmissão 84. A estação de retransmissão 76 inclui um codificador de sinal de áudio 80 que recebe um sinal de áudio duplamente codificado 72 a partir do radiodifusor 66 e um sinal de informação de estação de retransmissão 78. O sinal de informação de estação de retransmissão 78 compreende de preferência informação respeitante à estação de retransmissão 76, tal como um código de identificação, ou no que diz respeito ao processo de retransmissão do sinal de radiodifusão, tal como o tempo, data ou características da retransmissão, o(s) recipiente(s) pretendido(s) do sinal retransmitido ou semelhantes. O codificador 80 codifica o sinal de áudio duplamente codificado 72 com o sinal de informação de estação de retransmissão 78 para produzir o sinal de áudio triplamente codificado 82. O percurso de transmissão 84 prolonga-se entre a estação de retransmissão 76 e a instalação de ouvinte 86 e pode compreender um canal de radiodifusão, uma ligação de

microondas, uma ligação de fio ou fibra óptica ou semelhantes. De modo opcional, o percurso de transmissão 84 pode ser um percurso de transmissão acústico.

A instalação de ouvinte 86 recebe um sinal de áudio triplamente codificado 82 a partir da estação de retransmissão 76. Em aplicações de estimativa de audiência, a instalação de ouvinte 86 está localizada onde um ouvinte humano pode perceber uma reprodução acústica de sinal de áudio 82. Se o sinal de áudio 82 for transmitido como um sinal electromagnético, a instalação de ouvinte 86 inclui de preferência um dispositivo para reproduzir acusticamente aquele sinal para o ouvinte humano. Contudo, se o sinal de áudio 82 for armazenado sobre um meio de armazenagem, a instalação de ouvinte 86 inclui de preferência um dispositivo para reproduzir o sinal 82 a partir do meio de armazenagem.

Em outras aplicações, tais como identificação de música e monitorização comercial, é empregue uma instalação de monitorização em vez do ouvinte 86. Numa tal instalação de monitorização, o sinal de áudio 82 é de preferência processado para receber a mensagem codificada sem reprodução acústica.

O descodificador de sinal de áudio 88 pode receber sinal de áudio triplamente codificado 82 como um sinal de áudio ou, em opção, como um sinal acústico. O descodificar 88 descodifica sinal de áudio 82 para recuperar um ou mais dos sinais de informações ali codificados. De preferência, o(s) sinal(is) de informação recuperado(s) é(são) processado(s) na instalação de ouvinte 86 ou gravado(s) num meio de armazenagem para processamento mais tarde.

Em alternativa, o(s) sinal(ais) de informação recuperados podem ser convertidos em imagens para exibição ao ouvinte.

Numa concretização alternativa, a instalação de gravação 54 está omitida do sistema 50. A alimentação de sinal de áudio 52, que representa, por exemplo, um desempenho de áudio ao vivo, é proporcionada directamente ao radiodifusor 66 para codificar e radiodifundir. Em conformidade, o sinal de

informação do radiodifusor 68 pode ainda compreender informação que diz respeito à alimentação de sinal de áudio 52, tal como a sua autoria, conteúdo ou linhagem, ou a existência de protecção por direitos de autor ou semelhantes.

Numa outra concretização alterna, a estação de retransmissão 76 está omitida do sistema 50. O radiodifusor 66 proporciona sinal de áudio duplamente codificado 72 directamente ao ouvinte 86 através do percurso de transmissão 74, o qual é modificado para se prolongar entre os mesmos. Como uma outra alternativa, tanto a instalação de gravação 54 como a estação de retransmissão 76 podem ser omitidas do sistema 50.

Numa outra concretização alternativa, o radiodifusor 66 e estação de retransmissão 76 são omitidos do sistema 50. Opcionalmente, a ligação de comunicação 64 é modificada para se prolongar entre a instalação de gravação 54 e a instalação de ouvinte 86 e para suportar o sinal de áudio codificado 60 entre as mesmas. De preferência, o gravador de sinal de áudio 62 grava o sinal de áudio codificado 60 sobre um meio de armazenagem, o qual é transportado depois disso para a instalação de ouvinte 86. Um dispositivo de reprodução opcional na instalação de ouvinte 86 reproduz o sinal de áudio codificado a partir do meio de armazenagem para descodificação e/ou reprodução acústica.

A FIG. 6 proporciona um exemplo de um medidor portátil pessoal 40 para utilizar em aplicações de estimativa de audiência. O medidor 90 inclui um alojamento 92, ilustrado em linhas a tracejado, com um tamanho e forma que lhe permite ser transportado na pessoa de um membro da audiência. Por exemplo, o alojamento pode ter o mesmo tamanho e forma que uma unidade de "pager".

Um microfone 93 está dentro do alojamento 92 e serve como um transdutor acústico para converter energia acústica recebida, incluindo sinais de áudio codificados, em sinais eléctricos analógicos. Os sinais analógicos são convertidos em digitais por um conversor analógico para digital e os sinais digitais são então fornecidos a um processador de sinal digital (DSP) 95. O DSP 95 implementa um descodificador

em conformidade com o presente invento de modo a detectar a presença de predeterminados códigos na energia áudio recebida pelo microfone 93, indicando que a pessoa que transporta o medidor portátil pessoal 90 foi exposta a uma radiodifusão de uma certa estação ou canal. Se assim for, o DSP 95 armazena um sinal que representa essa detecção na sua memória interna juntamente com um sinal de tempo associado.

O medidor 90 também inclui um transmissor/receptor de dados, tal como um transmissor/receptor de infravermelhos 97 acoplado ao DSP 95. O transmissor/receptor 97 permite que o DSP 95 proporcione os seus dados a uma instalação para processar tais dados a partir de múltiplos medidores 90 para produzir estimativas de audiência, assim como para receber instruções e dados, por exemplo, para ajustar o medidor 90 para realizar um novo levantamento de audiências.

Os decodificadores em conformidade com certas concretizações vantajosas do presente invento são ilustrados pelo diagrama de blocos de função da FIG. 7. Um sinal de áudio, o qual pode ser codificado tal como descrito aqui acima com uma pluralidade de símbolos de códigos, é recebido numa entrada 102. O sinal de áudio recebido pode ser um sinal radiodifundido, sinal de internet ou um sinal comunicado de um outro modo ou um sinal reproduzido. Pode ser um sinal directo acoplado ou um sinal acusticamente acoplado. A partir da descrição que se segue em ligação com os desenhos anexos, irá apreciar-se que o decodificador 100 tem capacidade para detectar códigos em adição aos dispostos nos formatos descritos aqui acima.

Para sinais de áudio recebidos no domínio do tempo, o decodificador 100 transforma tais sinais no domínio da frequência por meio de uma função 106. A função 106 é realizada de preferência por um processador digital que implementa uma transformada de Fourier rápida (FFT) muito embora uma transformada de co-seno directa, uma transformada de chirp ou um algoritmo de transformada de Winograd (WFTA) possam ser empregues em alternativa. Qualquer outra função de transformação no domínio do tempo-frequência que proporcione a resolução necessária pode ser empregue em vez destas. Será apreciado que em certas implementações, a função 106 também

pode ser realizada por filtros analógicos ou digitais, através de uma aplicação de circuito integrado específico ou qualquer outro dispositivo adequado ou combinação de dispositivos. A função 106 também pode ser implementada por um ou mais dispositivos os quais também implementam uma ou mais das restantes funções ilustradas na FIG. 7.

Os sinais de áudio convertidos no domínio da frequência são processados numa função de derivação de valores de símbolo 110 para produzir um fluxo de valores de símbolo para cada símbolo de código incluído no sinal de áudio recebido. Os valores de símbolo produzidos podem representar, por exemplo, energia de sinal, potência, nível de pressão sonora, amplitude, etc., medidos de modo instantâneo ou ao longo de um período de tempo, ou numa escala absoluta ou relativa, e podem ser expressos como um valor único ou como valores múltiplos. Na situação em que os símbolos são codificados como grupos de componentes de frequência únicos em que cada um tem uma frequência predeterminada, os valores de símbolo representam de preferência quer valores de componente de frequência única quer um ou mais valores com base em valores de componente de frequência única.

A função 110 pode ser realizada por um processador digital, tal como um processador de sinal digital (DSP), o qual realiza de modo vantajoso algumas ou todas das outras funções do descodificador 100. Contudo, a função 110 também pode ser realizada por uma aplicação de circuito integrado específico ou através de qualquer outro dispositivo adequado ou combinação de dispositivos, e pode ser implementada por um aparelho afastado dos meios que implementam as restantes funções do descodificador 100.

O fluxo de valores de símbolo produzidos pela função 110 são acumulados ao longo do tempo num dispositivo de armazenagem apropriado numa base de símbolo por símbolo, tal como indicado pela função 116. Em particular, a função 116 é vantajosa para utilizar na descodificação de símbolos codificados que se repetem de modo periódico, ao acumular de modo periódico valores de símbolo para os vários símbolos possíveis. Por exemplo, se esperarmos que um dado símbolo ocorra todos os X segundos, a função 116 pode servir para

armazenar um fluxo de valores de símbolo por um período de nX segundos ($n > 1$), e adicionar os valores armazenados de um ou mais fluxos de valor de símbolo de duração de nX segundos, de modo a que os valores de símbolo de pico se acumulem ao longo do tempo, aperfeiçoando a relação sinal ruído dos valores armazenados.

A função 116 pode ser realizada através de um processador digital, tal como um DSP, o qual realiza de modo vantajoso algumas ou todas das outras funções do descodificador 100. Contudo, a função 110 também pode ser realizada ao utilizar um dispositivo de memória separado de um tal processador, ou através de uma aplicação de circuito integrado específico, ou através de qualquer outro dispositivo adequado ou combinação de dispositivos, e pode ser implementada pelo aparelho afastado dos meios que implementam as restantes funções do descodificador 100.

Os valores de símbolo acumulados armazenados pela função 116 são então examinados pela função 120 para detectar a presença de uma mensagem codificada e debitar a mensagem detectada numa saída 126. A função 120 pode ser realizada ao fazer coincidir os valores acumulados armazenados ou uma versão processada de tais valores, contra padrões armazenados, quer seja por correlação quer por outra técnica de coincidência de padrão. Contudo, a função 120 é realizada de modo vantajoso ao examinar os picos dos valores de símbolo acumulados e a sua temporização relativa, para reconstruir a sua mensagem codificada. Esta função pode ser realizada depois do primeiro fluxo de valores de símbolo ter sido armazenado pela função 116 e/ou depois de cada fluxo subsequente ter sido ali adicionado, de modo que a mensagem é detectada logo que as relações de sinal ruído dos fluxos acumulados armazenados de valores de símbolo revelarem um padrão de mensagem válido.

A FIG. 8 é um diagrama funcional para um descodificador de acordo com uma concretização vantajosa do invento implementada por meio de um DSP. O passo 130 é proporcionado para aquelas aplicações nas quais o sinal de áudio codificado é recebido numa forma analógica, por exemplo, onde tiver sido

apanhado por um microfone (tal como na concretização da FIG. 6) ou um receptor RF.

O descodificador da FIG. 8 está particularmente bem adaptado para detectar símbolos de código, cada um dos quais inclui uma pluralidade de componentes de frequência predeterminadas, por exemplo, dez componentes, dentro de uma gama de frequências de 1000 Hz a 3000 Hz. O mesmo está concebido especificamente para detectar uma mensagem que tem a sequência ilustrada na FIG. 3C, em que cada símbolo ocupa um intervalo de meio segundo. Nesta concretização exemplificativa é assumido que o conjunto de símbolos consiste em doze símbolos, tendo cada um deles dez componentes de frequência predeterminadas, nenhuma das quais é partilhada com nenhum outro símbolo do conjunto de símbolos. Será apreciado que o descodificador da FIG. 8 pode ser prontamente modificado para detectar números diferentes de símbolos de código, números diferentes de componentes, durações de símbolos e sequências de símbolos diferentes, assim como componentes dispostas em bandas de frequência diferentes.

De modo a separar as várias componentes, o DSP realiza de modo repetido FFTs nas amostras de sinal de áudio que caem dentro de intervalos predeterminados sucessivos. Os intervalos podem sobrepor-se muito embora isto não seja necessário. Numa concretização exemplificativa, são realizadas FFTs de sobreposição durante cada segundo da operação de descodificação. Em conformidade, a energia de cada período de símbolo cai dentro de cinco períodos de FFT. As FFTs podem ser em janela, muito embora isto possa ser omitido de modo a simplificar o descodificador. As amostras são armazenadas e, quando um número suficiente fica então disponível, é realizada uma nova FFT, tal como indicado pelos passos 134 e 138.

Nesta concretização, os valores de componente de frequência são produzidos numa base relativa. Quer dizer, cada valor de componente é representado como uma relação de sinal ruído (SNR) produzida tal como se segue. A energia dentro de cada caixa de frequências da FFT na qual uma componente de frequência de qualquer símbolo pode cair

proporciona o numerador de cada SNR correspondente. O seu denominador é determinado como uma média dos valores de caixa adjacentes. Por exemplo, pode ser utilizada a média de sete dos oito valores de energia de caixa envolventes, sendo o maior valor dos oito ignorado de modo a evitar a influência de um possível valor de energia grande de caixa que pode resultar, por exemplo, a partir de uma componente de sinal de áudio na vizinhança da componente de frequência de código. Além disso, dado que um grande valor de energia também pode aparecer na caixa de componente de código, por exemplo, devido à componente de ruído ou um sinal de áudio, a SNR está apropriadamente limitada. Nesta concretização, se $SNR \geq 6,0$, então SNR está limitada a 6,0, muito embora possa ser seleccionado um valor máximo diferente.

As dez SNRs de cada FFT e que correspondem a cada símbolo que podem estar presentes são combinadas para formar SNRs de símbolo que são armazenadas num dispositivo de armazenagem temporária de SNR de símbolo circular tal como indicado no passo 142 e ilustrado esquematicamente na FIG. 9. Em certas concretizações, as dez SNRs para um dado símbolo são simplesmente adicionadas, muito embora possam ser empregues outras formas de combinar as SNRs.

Tal como indicado pela FIG. 9, as SNRs de símbolo para cada um dos doze símbolos A, B e 0-9 são armazenadas no dispositivo de armazenagem temporária de SNR de símbolo como sequências separadas, uma SNR de símbolo para cada FFT para 50 FFTs. Depois dos valores produzidos nas 50 FFTs terem sido armazenados no dispositivo de armazenagem temporária de SNR de símbolo, novas SNRs de símbolo são combinadas com os valores previamente armazenados tal como descrito abaixo.

Quando o dispositivo de armazenagem temporária de SNR de símbolo está cheio isto é detectado num passo 146. Em certas concretizações vantajosas, as SNRs armazenadas são ajustadas para reduzir a influência do ruído num passo 152, muito embora este passo seja opcional em muitas aplicações. Neste passo opcional, é obtido um valor de ruído para cada símbolo (fila) no dispositivo de armazenagem temporária ao obter a média de todas as SNRs de símbolo armazenadas na respectiva fila de cada vez que o dispositivo de armazenagem temporária

é cheio. Depois, para compensar os efeitos do ruído, esta média ou valor de "ruído" é subtraído de cada um dos valores de SNR de símbolo armazenados na fila correspondente. Desta maneira, um "símbolo" que aparece apenas brevemente e assim uma detecção que não é válida, calcula-se como média ao longo do tempo. Fazendo também referência à FIG. 3C, de modo a evitar a subida do valor de ruído no descodificador, o esquema de codificação é de preferência constrangido de modo que o mesmo símbolo não apareça duas vezes na primeira metade da mensagem (isto é, dentro da sequência de símbolos S_A , S_1 , S_2 , S_3 , S_4).

Depois das SNRs de símbolo terem sido ajustadas ao subtrair o nível de ruído, o descodificador tenta recuperar a mensagem ao examinar o padrão de valores de SNR máximos no dispositivo de armazenagem temporária num passo 156. Em certas concretizações, os valores de SNR máximos para cada símbolo estão localizados num processo de combinar sucessivamente grupos de cinco SNRs adjacentes, ao ponderar os valores na sequência em proporção à ponderação sequencial (6 10 10 10 6) e depois adicionando as SNRs ponderadas para produzir uma SNR de comparação centrada no período de tempo da terceira SNR na sequência. Este processo é realizado progressivamente por toda a parte dos cinquenta períodos de FFT de cada símbolo. Por exemplo, um primeiro grupo de cinco SNRs para o símbolo "A" em períodos de FFT de 1 até 5 pondera-se e adiciona-se para produzir uma SNR de comparação para o período 3 de FFT. Depois uma outra SNR de comparação é produzida utilizando as SNRs dos períodos 2-6 de FFT, e assim por diante até os valores de comparação terem sido obtidos e centrados nos períodos 3 a 48 de FFT. Contudo, podem ser empregues outros meios para recuperar a mensagem. Por exemplo, podem ser combinadas quer mais quer menos do que cinco SNRs, podendo ser combinadas sem ponderação ou podendo as mesmas ser combinadas de uma maneira não linear.

Depois dos valores de SNR de comparação terem sido obtidos, o descodificador examina os valores de SNR de comparação para um padrão de mensagem. Em primeiro lugar, são localizados os símbolos de código de marcador S_A e S_B . Uma vez que esta informação tenha sido obtida, o descodificador tenta detectar os picos dos símbolos de dados. A utilização

de um desvio predeterminado entre cada símbolo de dados no primeiro troço e o símbolo de dados correspondente no segundo troço proporciona uma verificação acerca da validade da mensagem detectada. Quer dizer, se ambos os marcadores forem detectados e o mesmo desvio observado entre cada símbolo de dados no primeiro troço e o seu símbolo de dados correspondente no segundo troço, é altamente provável que uma mensagem válida tenha sido recebida.

Com referencia a ambas as FIGS. 3C e 9, assumindo que o início do dispositivo de armazenagem temporária corresponde ao início da mensagem (o que normalmente não é o caso), um pico P da SNR de comparação para o símbolo "A" deverá aparecer no terceiro período de FFT tal como indicado. Depois o decodificador irá esperar que o próximo pico surja na posição que corresponde ao primeiro símbolo de dados 0-9 no oitavo período de FFT. Neste exemplo, assume-se que o primeiro símbolo de dados é "3". Se o último símbolo de dados for "4" e o valor de δ for 2, o decodificador irá encontrar um pico do símbolo "6" no período 48 de FFT, tal como indicado na FIG. 9. Se a mensagem for assim detectada (isto é, os marcadores detectados com símbolos de dados que aparecem onde esperado e com o mesmo desvio por toda a parte), tal como indicado nos passos 162 e 166, a mensagem é registada ou debitada e o dispositivo de armazenagem temporária de SNR é desimpedido.

Contudo, se a mensagem não for assim encontrada, realizam-se ainda cinquenta FFT de sobreposição nas porções que se seguem do sinal de áudio e as SNRs de símbolo assim produzidas são adicionadas às que já estão no dispositivo de armazenagem temporária circular. O processo de ajustamento de ruído é realizado como antes e o decodificador tenta detectar de novo o padrão de mensagem. Este processo é repetido continuamente até que seja detectada uma mensagem. Em alternativa, o processo pode ser realizado um número limitado de vezes.

Será aparente do anterior como modificar a operação do decodificador dependendo da estrutura da mensagem, da sua temporização, do percurso do seu sinal, do modo da sua detecção, etc., sem nos afastarmos do âmbito do presente

invento. Por exemplo, em vez de armazenar SNRs, os resultados de FFT podem ser armazenados directamente para detectar uma mensagem.

A FIG. 10 é um diagrama funcional para um outro descodificador de acordo com uma outra concretização vantajosa implementada de modo semelhante por meio de um DSP. O descodificador da FIG. 10 está especialmente adaptado para detectar uma sequência de repetição de cinco símbolos de código que consistem num símbolo de marcador seguido por quatro símbolos de dados em que cada um dos símbolos de código inclui uma pluralidade de componentes de frequência predeterminadas e tem uma duração de meio segundo na sequência de mensagem. É assumido que cada símbolo é representado por dez componentes de frequência únicas e que o conjunto de símbolos inclui doze símbolos diferentes A, B e 0-9 tal como no código da FIG. 3C. Contudo, a concretização da FIG. 9 pode ser prontamente modificada para detectar qualquer número de símbolos, cada um representado por uma ou mais componentes de frequência.

Os passos empregues no processo de descodificação ilustrados na FIG. 10 que correspondem aos da FIG. 8 são indicados pelos mesmos números de referência, e estes passos não são consequentemente mais descritos. A concretização da FIG. 10 utiliza um dispositivo de armazenagem temporária circular o qual tem uma largura de doze símbolos por 150 períodos de FFT de comprimento. Uma vez que o dispositivo de armazenagem temporária tenha sido cheio, novas SNR de símbolo substituem aquilo que são então os valores de SNR de símbolo mais antigos. Com efeito, o dispositivo de armazenagem temporária armazena uma janela de quinze segundos de valores de SNR de símbolo.

Tal como indicado no passo 174, uma vez que o dispositivo de armazenagem temporária circular esteja cheio, os seus conteúdos são examinados num passo 178 para detectar a presença do padrão de mensagem. Uma vez cheio, o dispositivo de armazenagem temporária permanece continuamente cheio, de modo que a busca de padrão do passo 178 pode ser realizada depois de cada FFT.

Uma vez que cada mensagem de cinco símbolos se repete cada 2 segundos e meio, cada símbolo repete-se em intervalos de 2 segundos e meio ou cada 25 FFTs. De modo a compensar os efeitos de erros de impulso súbito e semelhantes, as SNRs R_1 até R_{150} são combinadas ao adicionar valores correspondentes das mensagens de repetição para obter 25 valores de SNR combinadas SNR_n , $n=1, 2, \dots 25$, tal como se segue:

$$SNR_n = \sum_{i=0}^5 R_{n+25i}$$

Em conformidade, se um erro de impulso súbito resultar na perda de um intervalo de sinal i , apenas um dos seis intervalos de mensagem se terá perdido, e as características essenciais dos valores de SNR combinados têm possibilidade de não serem afectadas por este acontecimento.

Uma vez que os valores de SNR combinados tenham sido determinados, o descodificador detecta a posição do pico do símbolo de marcador tal como indicado pelos valores de SNR combinados e deriva a sequência de símbolo de dados com base na posição do marcador e nos valores de pico dos símbolos de dados.

Logo que a mensagem tenha assim sido formada, tal como indicado nos passos 182 e 183, a mensagem é registada. Contudo, ao contrário da concretização da FIG. 8, o dispositivo de armazenagem temporária não está desimpedido. Em vez disso, o descodificador carrega um conjunto adicional de SNRs no dispositivo de armazenagem temporária e continua a procurar por uma mensagem.

Tal como no descodificador da FIG. 8, será aparente a partir do anterior o modo de modificar o descodificador da FIG. 10 para diferentes estruturas de mensagem, temporizações de mensagem, percursos de sinal, modos de detecção, etc., sem nos afastarmos do âmbito do presente invento. Por exemplo, o dispositivo de armazenagem temporária da concretização da FIG. 10 pode ser substituído por qualquer outro dispositivo de armazenagem adequado; o tamanho do dispositivo de armazenagem temporária pode ser variado; o tamanho das

janelas de valores de SNR pode ser variado; e/ou o tempo de repetição de símbolo também pode variar. Além disso, em vez de calcular e armazenar os SNRs de sinal para representar os respectivos valores de símbolo, uma medição de cada valor de símbolo em relação aos outros possíveis símbolos, por exemplo, uma classificação de cada magnitude de símbolo possível, é em vez disso utilizada em certas concretizações vantajosas.

Numa outra variação a qual é especialmente útil nas aplicações de medição de audiências, um número relativamente grande de intervalos de mensagem armazena-se de modo separado para permitir uma análise retrospectiva dos seus conteúdos para detectar uma mudança de canal. Numa outra concretização são empregues múltiplos dispositivos de armazenagem temporária, cada um acumulando dados para um número diferente de intervalos para utilizar no método de descodificação da FIG. 8. Por exemplo, um dispositivo de armazenagem temporária pode armazenar um único intervalo de mensagem, outros dois intervalos acumulados, um terceiro quatro intervalos e um quarto oito intervalos. São então utilizadas detecções separadas com base nos conteúdos de cada dispositivo de armazenagem temporária para detectar uma mudança de canal.

Muito embora tenham aqui sido descritas em detalhe concretizações ilustrativas do presente invento e modificações do mesmo, é para ser entendido que este invento não está limitado a estas concretizações e modificações precisas, e que podem ser ali efectuadas outras modificações e variações por um perito na arte sem nos afastar-mos do âmbito do invento tal como definido nas reivindicações anexas.

Lisboa, 2010-12-15

REIVINDICAÇÕES

1 - Sistema (90) para descodificar um caso de um símbolo de mensagem representado por uma pluralidade de símbolos de código (S_1, \dots, S_N) num sinal de áudio, que compreende:

meios para receber (93) o primeiro e o segundo símbolos de código que representam um símbolo de mensagem comum, estando o primeiro e o segundo símbolos de código separados no tempo no sinal de áudio, sendo o primeiro símbolo de código parte de um primeiro troço de mensagem que compreende uma primeira sequência ou símbolo de marcador (S_A), sendo o segundo símbolo de código parte de um segundo troço de mensagem que compreende uma segunda sequência ou símbolo de marcador (S_B);

meios para acumular (95) um primeiro valor de sinal que representa o primeiro símbolo de código e um segundo valor de sinal que representa o segundo símbolo de código; e

meios para examinarem (95) o primeiro e o segundo valores de sinal acumulados para detectar o símbolo de mensagem comum.

2 - Sistema da reivindicação 1, em que os meios de acumulação operam para produzir um terceiro valor de sinal derivado do primeiro e do segundo valores de sinal, e os meios de exame operam para detectar o símbolo de mensagem comum baseado no terceiro valor de símbolo.

3 - Sistema da reivindicação 2, em que os meios de acumulação operam para produzir o terceiro valor de sinal ao combinar linearmente o primeiro e o segundo valores de sinal.

4 - Sistema da reivindicação 2, em que os meios de acumulação operam para produzir o terceiro valor de sinal como uma função não linear do primeiro e do segundo valores de sinal.

5 - Sistema da reivindicação 2, em que o primeiro e o segundo símbolos de código (S_1, \dots, S_N) compreendem, cada um, um número predeterminado de componentes de frequência (f_{1A}, \dots, f_{MN}), e compreendem ainda meios para produzir (95) o primeiro e o segundo conjuntos de valores de componente,

correspondendo cada conjunto a um respectivo do primeiro e do segundo símbolos de código e representando cada valor de componente de cada conjunto uma característica de uma componente de frequência respectiva do símbolo correspondente, e meios para produzir o primeiro valor de sinal com base no primeiro conjunto de valores de componente e produzindo o segundo valor de sinal com base no segundo conjunto de valores de componente.

6 - Sistema da reivindicação 2, em que os meios de recepção operam para receber vários conjuntos de primeiro e segundo sinais de código, representando cada conjunto uma respectiva de uma pluralidade de símbolos de mensagem dispostos como uma mensagem que tem uma determinada sequência que inclui pelo menos um símbolo de marcador e pelo menos um símbolo de dados, os meios de acumulação operam para acumular conjuntos de primeiro e segundo valores de sinal, correspondendo cada conjunto de valores de sinal a um respectivo dos conjuntos de primeiro e segundo sinais de código e incluindo um primeiro valor de sinal que representa o primeiro sinal de código do respectivo conjunto de sinal de código e um segundo valor de sinal que representa o seu segundo sinal de código, e os meios de exame operam para detectar a mensagem ao detectar a presença do símbolo de marcador com base no seu conjunto de valores de sinal e para detectar pelo menos um símbolo de dados com base na presença detectada do símbolo de marcador e do correspondente conjunto de valores de sinal do pelo menos um símbolo de dados.

7 - Sistema da reivindicação 1, em que os meios de acumulação operam para armazenar o primeiro e o segundo valores de sinal, e os meios de exame operam para detectar o símbolo de mensagem comum ao examinar tanto o primeiro como o segundo valores de sinal.

8 - Sistema da reivindicação 7, em que os meios de acumulação operam para produzir o primeiro e o segundo valores de sinal com base em múltiplos outros valores de sinal.

9 - Sistema da reivindicação 8, em que o primeiro e o segundo valores de sinal são produzidos a partir de

respectivos conjuntos de valores de sinal deslocados no tempo, representando cada um dos valores de sinal deslocados no tempo um valor de um respectivo do primeiro e do segundo símbolos de código durante um período de tempo correspondente do mesmo.

10 - Sistema da reivindicação 8, em que o primeiro e o segundo símbolos de código compreendem cada um número predeterminado de componentes de frequência, e compreendendo ainda meios para produzir o primeiro e o segundo conjuntos de valores de componente, correspondendo cada conjunto a um respectivo um do primeiro e do segundo símbolos de código e cada valor de componente de cada conjunto que representa uma característica de um respectivo componente de frequência do símbolo correspondente, e meios para produzir o primeiro valor de sinal com base no primeiro conjunto de valores de componente e produzindo o segundo valor de sinal com base no segundo conjunto de valores de componente.

11 - Sistema da reivindicação 1, em que os meios de recepção compreendem um transdutor acústico para converter um sinal de áudio acústico num sinal eléctrico, tendo o sinal de áudio acústico uma pluralidade de símbolos de código que representam uma pluralidade de símbolos de mensagem que compreendem dados de fonte para o sinal de áudio acústico, e compreendendo ainda uma memória para armazenar indicações de símbolos de mensagem detectados.

12 - Sistema da reivindicação 11, que compreende ainda um alojamento para o sistema adaptado para ser transportado na pessoa de um membro de audiência e meios para transmitir os dados armazenados para utilizar na produção de estimativas de audiência.

13 - Sistema da reivindicação 1, em que:

os meios para receberem o primeiro e o segundo símbolos de código são um dispositivo de entrada; e

os meios para acumulação e os meios para exame são um processador digital em comunicação com o dispositivo de entrada para receber dados a partir dali que representam o primeiro e o segundo símbolos de código.

14 - Sistema da reivindicação 13, em que o dispositivo de entrada compreende um transdutor acústico para converter um sinal de áudio acústico num sinal eléctrico, tendo o sinal de áudio acústico uma pluralidade de símbolos de código que representam uma pluralidade de símbolos de mensagem que compreendem dados de fonte para o sinal de áudio acústico, tendo o processador digital uma memória para armazenar dados que representam indicações de símbolos de mensagem detectados.

15 - Sistema da reivindicação 17, que compreende ainda um alojamento para o sistema adaptado a ser transportado na pessoa de um membro de audiência e meios para transmitirem os dados armazenados para utilizar na produção de estimativas de audiência.

16 - Método para descodificar um caso de um símbolo de mensagem representado por uma pluralidade de símbolos de código (S_1, \dots, S_N) num sinal de áudio, que compreende:

receber (102) o primeiro e o segundo símbolos de código que representam um símbolo de mensagem comum, estando o primeiro e o segundo símbolos de código separados no tempo no sinal de áudio, sendo o primeiro símbolo de código parte de um primeiro troço de mensagem que compreende uma primeira sequência ou símbolo de marcador (S_A), sendo o segundo símbolo de código parte de um segundo troço de mensagem que compreende uma segunda sequência ou símbolo de marcador (S_B);

acumular (116) um primeiro valor de sinal que representa o primeiro símbolo de código e um segundo valor de sinal que representa o segundo símbolo de código; e

examinar (120) o primeiro e o segundo valores de sinal acumulados para detectar o símbolo de mensagem comum.

17 - Método da reivindicação 16, em que o passo de receber o primeiro e o segundo símbolos de código compreende converter um sinal de áudio acústico num sinal eléctrico, tendo o sinal de áudio acústico uma pluralidade de símbolos de mensagem que compreendem dados de fonte para o sinal de áudio acústico, e compreendendo ainda dados de armazenagem que representam indicações de símbolos de mensagem detectados.

18 - Método da reivindicação 17, que compreende ainda a transmissão dos dados armazenados para utilização na produção de estimativas de audiência.

Lisboa, 2010-12-15

FIG. 1

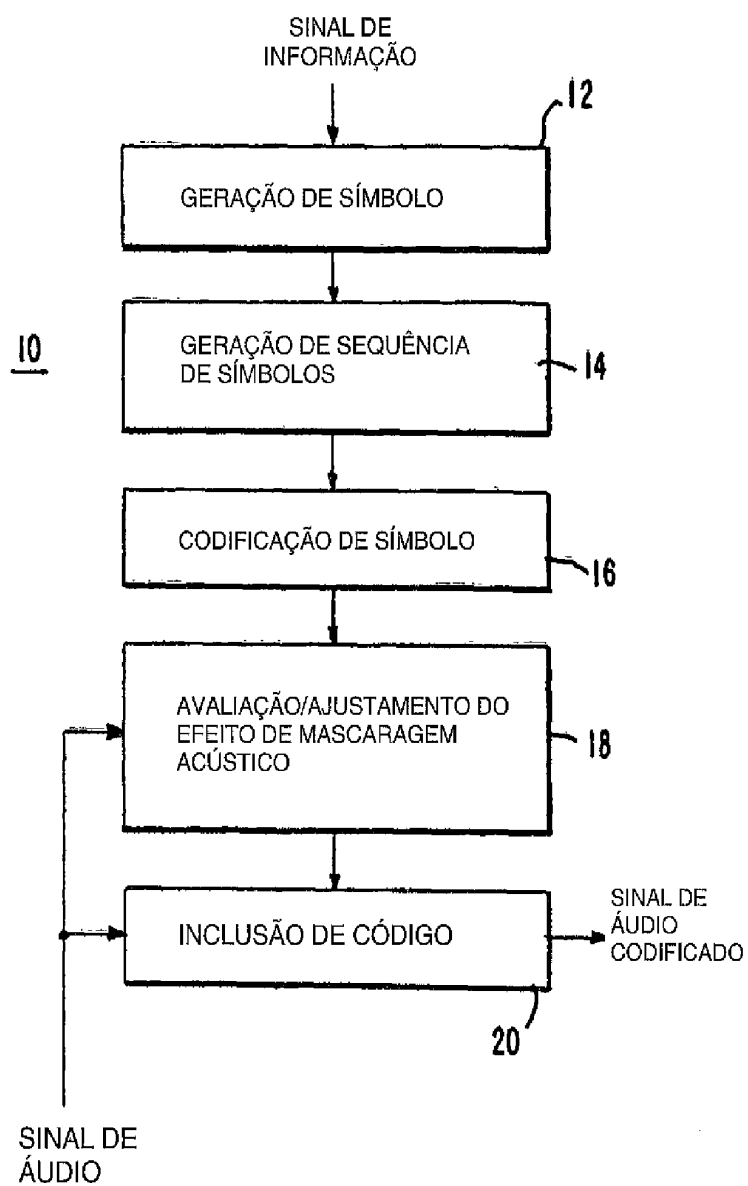


FIG. 2

| SINAL DE INFORMAÇÃO | SÍMBOLO |
|---|----------------|
| TRABALHO PROTEGIDO POR DIREITOS DE AUTOR | S ₁ |
| AUTOR | S ₂ |
| ESTAÇÃO DE RÁDIO-DIFUSÃO | S ₃ |
| DATA | S ₄ |

FIG. 3A

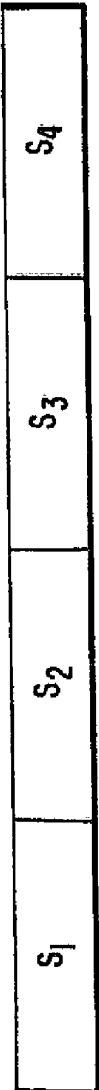


FIG. 3B

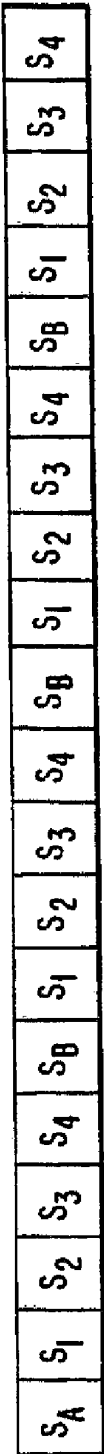


FIG. 3C

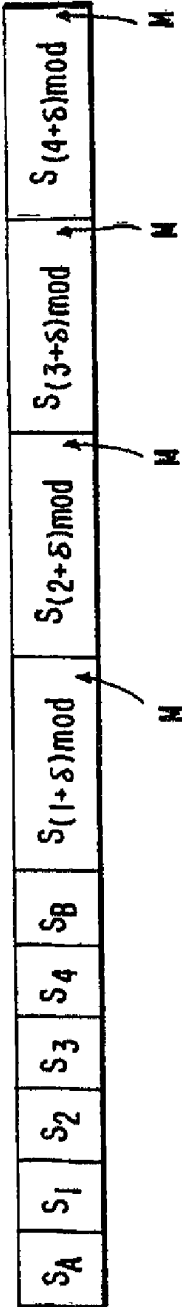
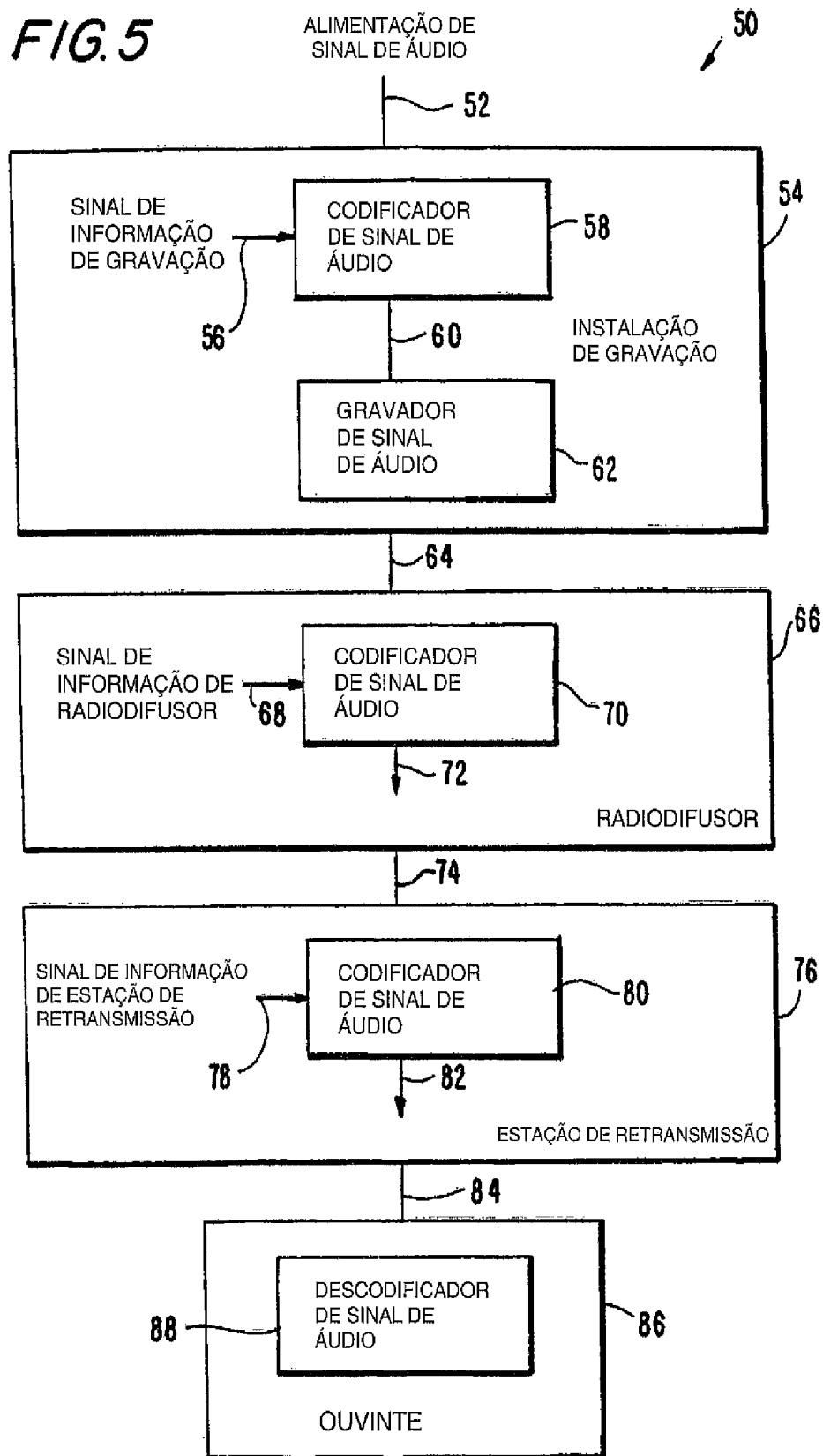


FIG. 4

| SÍMBOLO | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|---|------------------|--------------|-----------------------------|
| | S_A | S_B | S_1 | S_2 | S_3 | S_4 | . | . | S_{N-1} | S_N | |
| 1 | f_{1A} | f_{1B} | f_{11} | f_{12} | f_{13} | f_{14} | . | . | $f_{1(N-1)}$ | f_{1N} | COMPONENTE DE FREQUÊNCIA |
| 2 | f_{2A} | f_{2B} | f_{21} | f_{22} | f_{23} | f_{24} | . | . | $f_{2(N-1)}$ | f_{2N} | |
| 3 | f_{3A} | f_{3B} | f_{31} | f_{32} | f_{33} | f_{34} | . | . | $f_{3(N-1)}$ | f_{3N} | |
| 4 | f_{4A} | f_{4B} | f_{41} | f_{42} | f_{43} | f_{44} | . | . | $f_{4(N-1)}$ | f_{4N} | |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| N-1 | $f_{(N-1)A}$ | $f_{(N-1)B}$ | $f_{(N-1)1}$ | $f_{(N-1)2}$ | $f_{(N-1)3}$ | $f_{(N-1)4}$ | . | . | $f_{(N-1)(N-1)}$ | $f_{(N-1)N}$ | |
| N | f_{NA} | f_{NB} | f_{n1} | f_{n2} | f_{n3} | f_{n4} | . | . | $f_{N(N-1)}$ | f_{NN} | |

FIG. 5



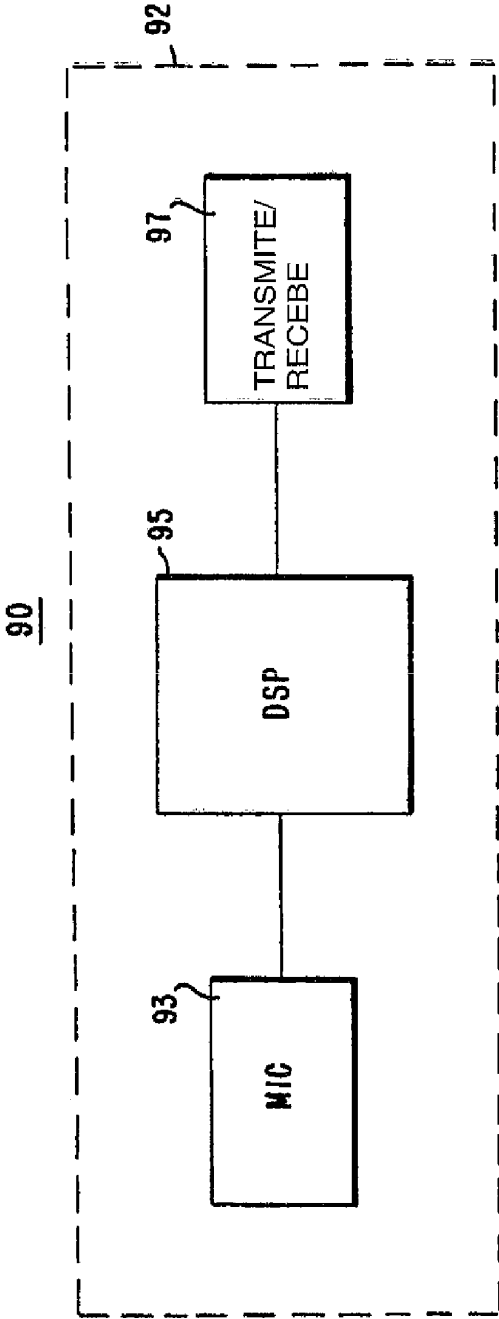


FIG.6

FIG. 7

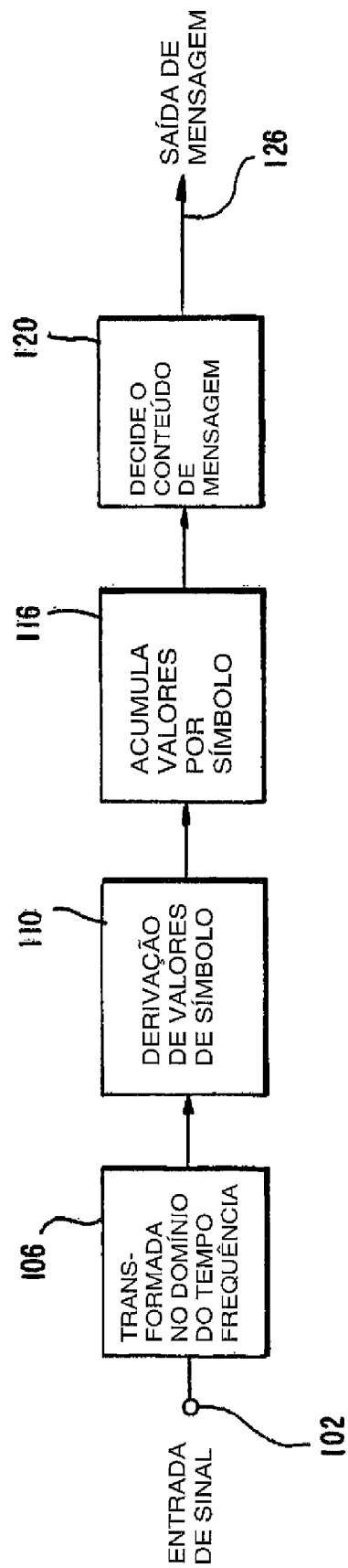
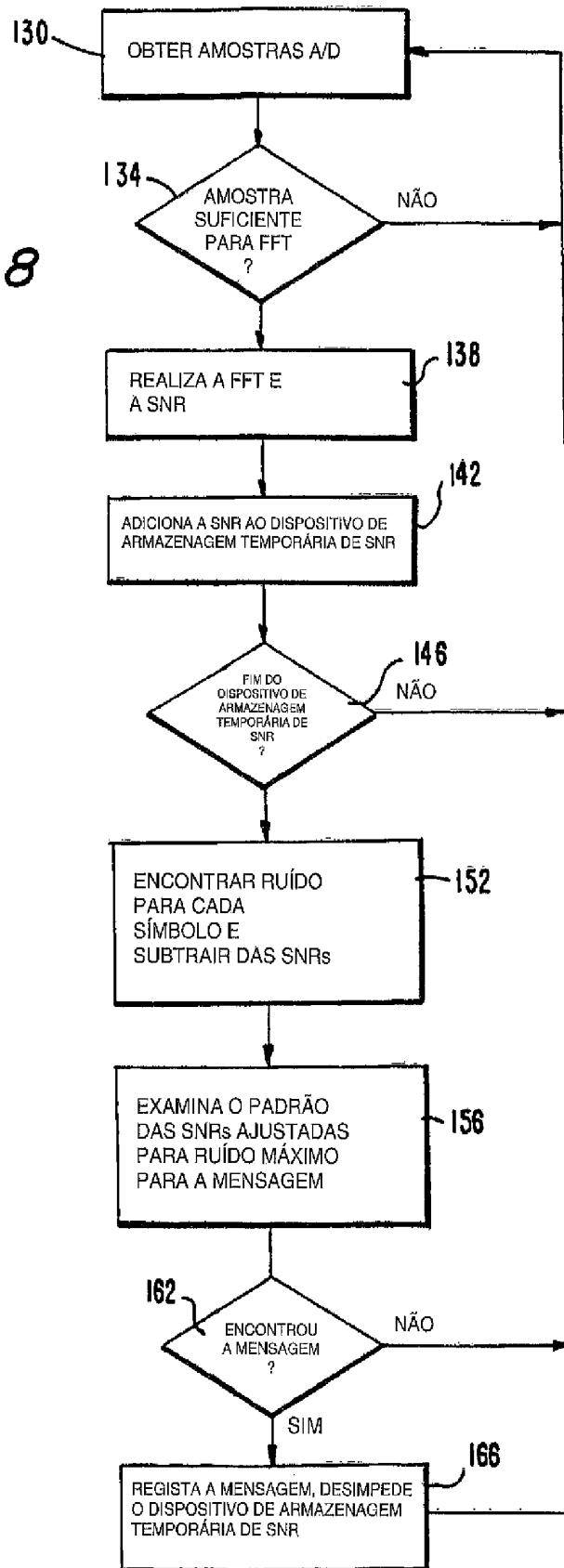


FIG. 8



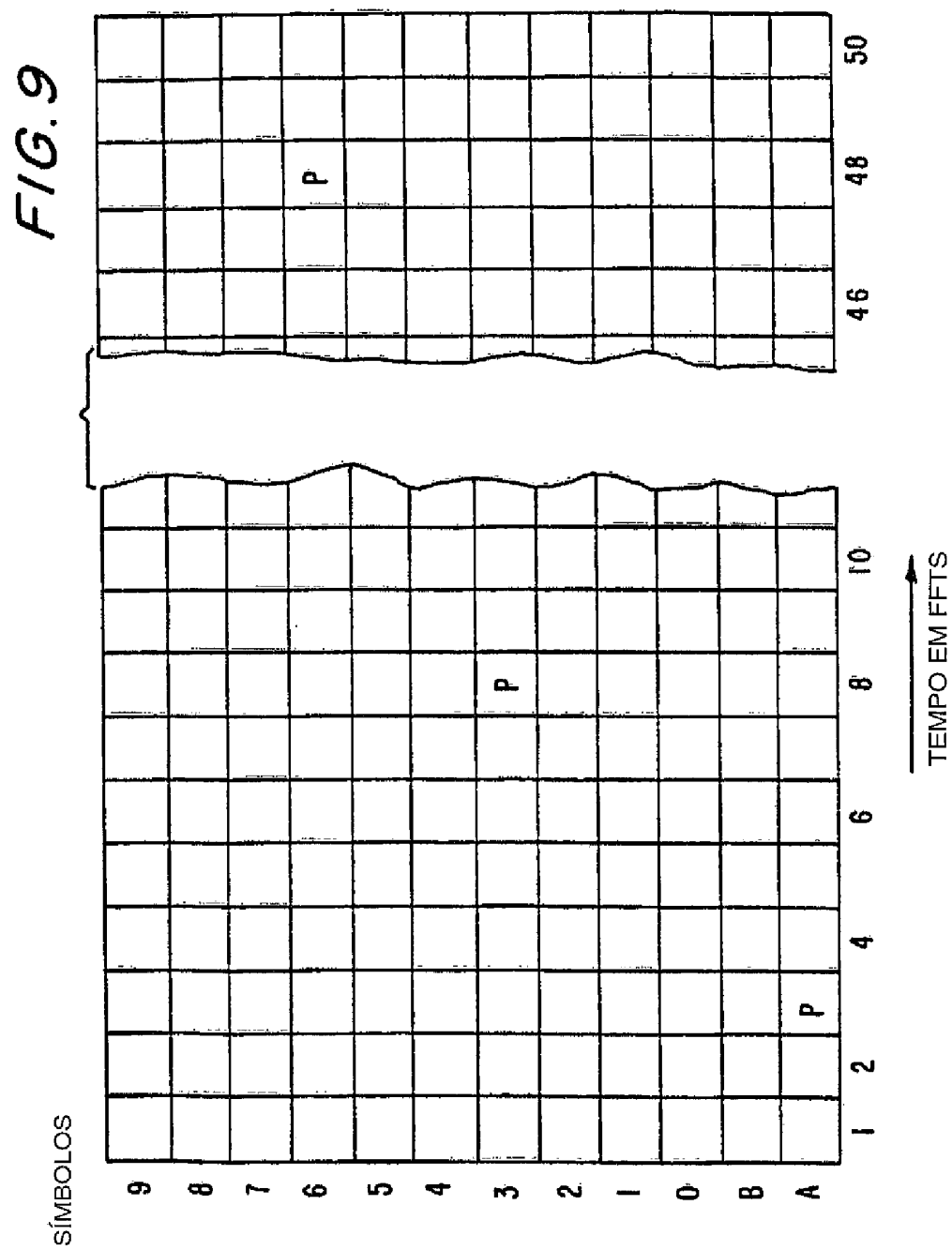


FIG. 10

