



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

(21) **PI0702899-7 A2**



\* B R P I 0 7 0 2 8 9 9 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 20/03/2007  
(43) Data da Publicação: 22/03/2011  
(RPI 2098)

(51) *Int.Cl.:*  
H04Q 7/20  
H04M 11/00

(54) Título: **COMUNICAÇÕES DE DADOS POR CANAL DE VOZ COM DIVERSIDADE TEMPORAL**

(57) **Resumo:** COMUNICAÇÕES DE DADOS POR CANAL DE VOZ COM DIVERSIDADE TEMPORAL Trata-se de um receptor (330) com um componente de combinação de diversidade temporal (360) que recupera um sinal de dados digital (29) transmitido por um canal de voz de uma rede de telecomunicações digital sem fio. Um módulo de extração de atributos (340) recebe uma forma de onda de áudiofrequência que codifica o sinal de dados digital, e gera um vetor de atributos (405) que representa o sinal de dados digital. Um módulo de estimativa de seqüência de bits (350) analisa o vetor de atributos e gera uma seqüência de bits estimada (410), cor-respondendo ao sinal de dados digital. Uma memória (225) armazena o vetor de atributos (435) caso a seqüência de bits estimada contenha erros (415). Um componente de combinação de diversidade temporal (360) gera uma segunda seqüência de bits estimada (450) analisando o primeiro vetor de atributos, em combinação com um ou mais vetores de atributos armazenados na memória. FIG.5 430-FIM

(30) Prioridade Unionista: 26/05/2006 US 11/442.705, 07/04/2006 US 60/790.225

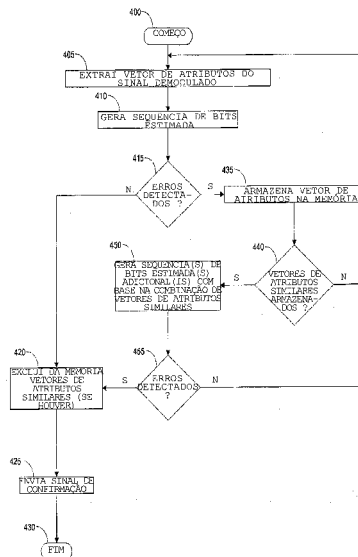
(73) Titular(es): Airbiquity INC.

(72) Inventor(es): KILEY BIRMINGHAM

(74) Procurador(es): NELLIE ANNE DANIEL SHORES

(86) Pedido Internacional: PCT US2007064443 de 20/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO WO2007/117892de 18/10/2007



"COMUNICAÇÕES DE DADOS POR CANAL DE VOZ COM DIVERSIDADE TEMPORAL"

PEDIDO RELACIONADO

O presente pedido reivindica prioridade ao Pedido de Patente US Provisório Nº 60/790.225, intitulado "Time Diversity Voice Channel Data Communications" e depositado em 7 de abril de 2006, cuja revelação é incorporada na íntegra ao presente documento para fins de referência.

CAMPO TÉCNICO

O presente pedido refere-se a comunicações sem fio, e, mais especificamente, à combinação de diversidade temporal de dados digitais transmitidos pelo canal digital de voz de uma rede de telecomunicações sem fio.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Muitos componentes de telecomunicações usados em redes de telefones celulares e de linhas fixas são projetados para transmitir de forma eficaz sinais de voz através de canais de comunicação de voz; por exemplo, os codificadores de voz digital (vocoder) usam técnicas de codificação preditiva linear para representar sinais de voz. Esses codificadores preditivos lineares filtram o ruído (sinais que não são voz), enquanto compactam e estimam os componentes de frequência dos sinais de voz antes destes serem transmitidos pelo canal de voz.

Algumas vezes, é desejável transmitir tanto sinais de áudio como dados digitais através de uma rede de telecomunicações sem fio. Por exemplo, quando um usuário de telefone celular liga para um número de emergência (por exemplo, 190), o usuário pode desejar enviar dados de localização digital para

uma central de atendimento pelo mesmo canal usado para explicar verbalmente as condições de emergência ao operador humano. Entretanto, pode ser difícil transmitir sinais de dados digitais pelo canal de voz de uma rede sem fio, pois os sinais estão  
5 sujeitos a vários tipos de distorções.

Por exemplo, um sinal de dados digital percorrendo o canal de voz de uma rede sem fio pode ser distorcido pelos efeitos do codificador de voz, gerados pelo algoritmo de compactação de voz. Além disso, pode ocorrer de os sinais de dados digitais  
10 serem distorcidos por efeitos da rede, causados por má condições de RF e/ou tráfego de rede intenso. Essas distorções geram erros de bits que podem ser resolvidos com o uso de técnicas como a correção antecipada de erros (FEC) e a transmissão repetida de seqüências de bits.

15 Por haver muitos tipos de codificadores de voz (por exemplo, EVRC, AMR, etc.) e numerosas condições possíveis para a rede, é difícil prever a qualidade do canal de voz e a taxa de erro de bits associada com antecedência. Além disso, a qualidade de um canal de voz pode variar rapidamente ao longo  
20 do tempo. Portanto, é difícil projetar um esquema FEC eficiente que minimize o número de bits redundantes necessário para a correção de erros, e que ao mesmo tempo ofereça desempenho de transmissão aceitável em um ambiente de canal de baixa qualidade. Por exemplo, um esquema FEC com pouquíssimos bits redundantes  
25 de correção de erros pode oferecer desempenho aceitável em um canal de alta qualidade com poucos erros a serem corrigidos, mas se a qualidade do canal piorar, o número de erros de bit pode aumentar até um nível que exige muitas retransmissões re-

dundantes para que uma seqüência de informações em particular seja transmitida com êxito, sem erros.

### SUMÁRIO

As desvantagens supracitadas, associadas aos sistemas existentes, são abordadas pelas concretizações do presente pedido, que será entendido pela leitura e estudo do relatório descritivo a seguir.

Um receptor com um componente de combinação de diversidade temporal recupera um sinal de dados digital transmitido por um canal de voz de uma rede de telecomunicações digital sem fio. Um módulo de extração de atributos recebe uma forma de onda de audiofrequência codificando o sinal de dados digital, e gera um vetor de atributos que representa o sinal de dados digital. Um módulo de estimativa de seqüência de bits analisa o vetor de atributos e gera uma seqüência de bits estimada, correspondendo ao sinal de dados digital. Uma memória armazena o vetor de atributos caso a seqüência de bits estimada contenha erros. Um componente de combinação de diversidade temporal gera uma segunda seqüência de bits estimada analisando o primeiro vetor de atributos, em combinação com um ou mais vetores de atributos armazenados na memória.

Os aspectos e vantagens da invenção apresentados acima, e outros, tornar-se-ão mais visíveis na descrição detalhada seguinte das concretizações preferidas da invenção, que prossegue com referência aos desenhos em anexo.

### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Números de referência e designações parecidas nos vários desenhos indicam elementos similares.

A FIG. 1 é um diagrama que ilustra uma rede de comunicações sem fio que proporciona sinalização dentro da banda (IBS).

A FIG. 2 é um diagrama esquemático de tons de dados digitais emitidos por um modem IBS.

A FIG. 3 ilustra um processo para transmissão de dados digitais através da rede de comunicações sem fio.

A FIG. 4A é um diagrama de um receptor convencional para a recepção de dados digitais transmitidos através da rede de comunicações sem fio.

A FIG. 4B é um diagrama de um receptor com um componente de combinação de diversidade temporal.

A FIG. 5 é um fluxograma que demonstra a operação do receptor apresentado na FIG. 4B.

#### 15            DESCRIÇÃO DETALHADA

Na descrição detalhada seguinte, é feita referência aos desenhos em anexo, que formam uma parte deste documento, e nos quais são ilustradas, a título exemplificativo, várias concretizações em que a invenção pode ser praticada. Essas concretizações são descritas em detalhes suficientes para que os versados na técnica possam praticar a invenção, e deve-se compreender que outras concretizações podem ser utilizadas e que várias modificações podem ser feitas sem divergir do espírito e âmbito da presente invenção. Portanto, a descrição detalhada a seguir não deve ser interpretada num sentido restritivo.

Referindo-se à FIG. 1, uma rede de comunicações sem fio 12 inclui um telefone celular 14, que recebe sinais de voz 22 a partir de um usuário 23. Um codificador de voz (vocoder)

18 no telefone celular 14 codifica os sinais de voz 22 em sinais de voz digital codificados 31 que são então transmitidos por um canal de voz digital 34 (chamada do celular). O telefone celular 14 transmite os sinais de voz codificados 31 para um local de 5 comunicações celulares (local celular) 36, que retransmite a chamada do celular para um Sistema de Comutação de Telecomunicações Celulares (CTSS) 38.

O CTSS 38 ou conecta a chamada do celular a outro telefone celular ou, na rede celular sem fio 12, a um telefone 10 de linha fixa em uma rede PSTN 42 como uma chamada comutada por circuito, ou roteia a chamada do celular por uma rede de Protocolo da Internet (IP) comutada por pacotes 46 como uma chamada de Voz via IP (VOIP). A chamada do celular também pode ser roteada da rede PSTN 42 de volta para a rede celular 12, ou 15 da rede PSTN 42 para a rede IP 46, ou vice versa. A chamada do celular chega, por fim, a um telefone 44 que corresponde a um número de telefone de destino, informado originalmente no telefone celular 14.

Um modem de Sinalização Dentro da Banda (UBS) 28 20 permite que o telefone celular 14 transmita dados digitais 29 de uma fonte de dados 30, pelo canal de voz digital 34 da rede celular 12. O modem IBS 28 modula os dados digitais 29 em tons de dados digitais sintetizados 26. O termo "tons de dados digitais", conforme usado neste documento, refere-se a tons de 25 áudio que são modulados para codificar bits de dados digitais. Os tons de dados digitais 26 impedem que os componentes de codificação na rede celular 12, como o codificador de voz 18, corrompam excessivamente os dados digitais. O esquema de

codificação e modulação usado no modem IBS 28 permite que os dados digitais 29 sejam transmitidos pelo mesmo codificador de voz 18 usado no telefone celular 14 para codificar os sinais de voz 22. O modem IBS 28 permite que os sinais de voz 22 e os dados

5 digitais 29 sejam transmitidos pelo mesmo canal de voz digital usando o mesmo sistema de circuitos do telefone celular. Isso evita que o usuário tenha de transmitir dados digitais usando um modem sem fio separado, e permite que o usuário do telefone celular fale e envie dados durante a mesma chamada digital sem

10 fio. Os dados digitais 29 são modulados em um sinal de áudio na faixa de voz. Isso impede que o codificador de voz 18 do telefone celular filtre ou corrompa excessivamente os valores binários associados aos dados digitais 29. O mesmo transceptor e sistema de circuitos de codificação do telefone celular é usado para a

15 transmissão e recepção tanto dos sinais de voz como dos dados digitais. Isso permite que o modem IBS 28 seja muito menor, menos complexo e mais eficiente em termos de consumo de energia do que um modem sem fio independente. Em algumas concretizações, o modem IBS 28 é implementado totalmente em software usando apenas

20 os componentes de hardware já existentes no telefone celular 14.

Um ou mais servidores 40 estão localizados em qualquer uma das várias localizações na rede sem fio 12, na rede PSTN 42 ou na rede IP 46. Cada servidor 40 inclui um ou mais modems IBS 28 que codificam, detectam e decodificam os dados digitais 29

25 transmitidos e recebidos pelo canal de voz digital 34. Os tons de áudio digitais decodificados 26 são ou processados no servidor 40 ou roteados para outro computador, como o computador 50.

A FIG. 2 ilustra uma concretização exemplificativa dos tons de dados digitais sintetizados 26 que são transmitidos e recebidos por um modem IBS 28. Na concretização ilustrada, o modem IBS 28 utiliza um esquema de modulação de chaveamento por deslocamento de frequência (FSK) binário, em que cada bit dos dados digitais 29 é convertido em um dentre dois tons diferentes. Em outras concretizações, é possível empregar uma variedade de esquemas de modulação adequados diferentes. Por exemplo, o modem IBS 28 poderia empregar um esquema FSK de 4 tons, em que uma frequência sinusóide diferente é designada a cada um dos quatro valores quaternários possíveis (representados por seqüências de dois bits: "00", "01", "10" e "11"). Como alternativa, poder-se-ia empregar um esquema de modulação chaveamento por deslocamento de fase (PSK) binário, em que um binário "0" é representado por um período de um sinusóide de uma frequência específica com uma fase de 0 graus, e um binário "1" é representado por um período de um sinusóide da mesma frequência, mas possuindo uma fase de 90 graus.

Referindo-se novamente ao exemplo de FSK binário apresentado na FIG. 2, um primeiro tom é gerado em uma frequência  $f_1$  e representa um valor "1" binário, e um segundo tom é gerado em uma frequência  $f_0$  e representa um valor "0" binário. Para cada bit na seqüência de transmissão, o transmissor envia um sinusóide de frequência  $f_1$  (para "1") ou  $f_0$  (para "0") pela duração do intervalo de um bit. Em algumas concretizações, as frequências  $f_1$  e  $f_0$  enquadram-se na faixa de cerca de 200 Hertz (Hz) a cerca de 3500 Hertz, que demonstrou ser uma faixa de frequência eficaz para gerar os tons de dados 26 que representam os valores

de bits binários. Por exemplo, em uma concretização, a frequência  $f_1$  é de cerca de 500 Hertz, e a frequência  $f_0$  é de cerca de 900 Hertz. Em outra concretização, a frequência  $f_1$  é de cerca de 2100 Hertz, e a frequência  $f_0$  é de cerca de 2500 Hertz. O modem  
5 IBS 28 inclui tabelas de Senos e Co-senos que são usados para gerar os valores digitais que representam os diferentes valores de fase e amplitude para as frequências  $f_1$  e  $f_0$ .

Em algumas concretizações, os dados digitais são transmitidos, no canal de voz digital 34, a uma taxa de  
10 transmissão dentro da faixa de cerca de 100 bits/segundo a cerca de 500 bits/segundo, que demonstrou ser uma faixa eficaz de taxas de transmissão para impedir o corrompimento dos dados de áudio digital por uma grande variedade de diferentes codificadores de voz de telefone celular. Por exemplo, em uma concretização, os  
15 dados digitais são transmitidos no canal de voz digital 34 a uma velocidade de transmissão de 400 bits/segundo. Nesta concretização, as ondas senoidais para cada tom  $f_1$  e  $f_0$  começam e terminam em um ponto de amplitude zero e continuam por uma duração de cerca de 2,5 milissegundos. A uma taxa de amostragem  
20 de 8000 amostras por segundo, 20 amostras são geradas para cada tom de dados digitais 26.

A FIG. 3 ilustra um processo para transmitir um pacote de dados digital 70 pelo canal de voz digital 34 da rede de comunicações sem fio 12, que implementa combinação de di-  
25 versidade temporal de acordo com as concretizações do presente pedido. Na concretização ilustrada, o pacote de dados digitais 70 compreende uma seqüência de K bits, que pode representar um único pacote ou quadro de uma carga útil de mensagem maior. A

carga útil de mensagem pode ser subdividida em pacotes de vários tamanhos e formatos usando uma grande variedade de técnicas apropriadas, como por exemplo, as descritas na Patente US Nº 6.690.681, intitulada "In-Band Signaling For Data Communications Over Digital Wireless Telecommunications Network" e expedida em 10 de fevereiro de 2004, incorporada ao presente documento para fins de referência. Em algumas concretizações, cada pacote de dados 70 compreende cerca de 100 bits de dados (isto é,  $K \approx 100$ ), que pode incluir um número de bits de cabeçalho, bits de padrão de sincronização, bits de soma de verificação, bits de sincronização final de pacote, etc., dependendo do protocolo de geração de pacotes selecionado.

O bloco 200 adiciona bits redundantes de detecção de erros, tal como um código de verificação cíclica de redundância (CRC), ao pacote de dados digital 70 a ser transmitido. Isso cria uma seqüência de dados contendo  $M$  bits, onde  $(M - K)$  representa o número de bits redundantes de detecção de erros. Em algumas concretizações, o bloco 200 adiciona cerca de 16 bits redundantes de detecção de erros (isto é,  $M - K \approx 16$ ). O bloco 205 adiciona bits redundantes de correção de erros à seqüência de dados de  $M$  bits, como por exemplo, um código de Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH), código de Reed-Solomon ou código de correção de erros convolucional. Isso cria uma seqüência de transmissão completa contendo  $N$  bits, onde  $(N - M)$  representa o número de bits redundantes de detecção de erros. Em algumas concretizações, uma seqüência de transmissão completa inclui um total de cerca de 186 bits (isto é,  $N \approx 186$ ) e cerca de 70 bits redundantes de correção de erros (isto é,  $N$

-  $M \approx 70$ ).

O bloco 210 modula a seqüência de dados de N bits em tons de dados digitais sintetizados 26, compreendendo um sinal de áudio de faixa de voz adequado para transmissão pelo canal de voz digital 34 da rede de telecomunicações sem fio 12, conforme descrito acima. Após a transmissão, o bloco 215 demodula os tons de dados digitais 26 e gera um vetor de atributos, que é usado para criar uma estimativa da seqüência de dados transmitida. Conforme descrito em mais detalhes abaixo, se o vetor de atributos contiver erros, o bloco 220 pode efetuar a combinação de diversidade temporal do vetor de atributos com os vetores de atributos anteriores 225 da mesma seqüência de dados de N bits (se houver) que foram transmitidos anteriormente.

O bloco 230 efetua a correção de erros da seqüência de dados de N bits demodulada, e o bloco 235 efetua a detecção de erros da seqüência de dados estimada de M bits resultante. A correção de erros e a detecção de erros do sinal de dados demodulado podem ser realizadas usando uma grande variedade de técnicas adequadas bem conhecidas pelos versados na técnica. Caso não sejam detectados erros, então a seqüência de dados digital de K bits é distribuída para seu receptor destinado. Caso contrário, o pacote de dados digital 70 é retransmitido pelo canal de voz digital 34 da rede de telecomunicações sem fio 12.

A FIG. 4A ilustra um receptor convencional 300, que compreende um módulo de extração de atributos 310 e um módulo de estimativa de seqüência de bits 320. O termo "módulo", conforme usado neste documento, refere-se a qualquer combinação de software, firmware ou hardware usados para efetuar a função

ou funções especificadas. Contempla-se que as funções realizadas pelos módulos descritos no presente documento podem ser concretizadas com um número de módulos maior ou menor do que o descrito no texto concomitante. Por exemplo, uma única função  
5 pode ser efetuada pela operação de vários módulos, ou mais de uma função pode ser efetuada pelo mesmo módulo. Além disso, os módulos descritos podem residir em uma única localização ou em diferentes localizações conectadas por uma rede de telecomunicações com ou sem fio.

10           Conforme ilustrado na FIG. 4A, no tempo  $t_i$ , um primeiro sinal demodulado é recebido pelo módulo de extração de atributos 310. Esse sinal demodulado compreende uma forma de onda sinusoidal subdividida em uma série de intervalos de bits sequenciais. O módulo de extração de atributos 310 processa a forma  
15 de ondas em cada intervalo de bit independentemente e em seqüência para gerar um primeiro vetor de atributos X. Geralmente, um vetor de atributos compreende um conjunto de medidas efetuadas no sinal demodulado com o objetivo de estimar a seqüência de bits transmitida.

20           Por exemplo, em concretizações que implementam um esquema de modulação FSK binário, conforme apresentado na FIG. 2, o vetor de atributos compreende uma seqüência de grandezas de Fourier. Para cada intervalo de bit (por exemplo, 2,5 milissegundos a uma taxa de transmissão de 400 bits/segundo),  
25 o módulo de extração de atributos 310 calcula uma grandeza de Fourier para cada uma das seqüências  $f_1$  e  $f_0$ . Essas duas grandezas são indicadas por  $S(f_1)$  e  $S(f_0)$ , respectivamente. A quantidade  $S(f_1) - S(f_0)$  é então gravada como  $X_i$ , o "valor temporário" para

o enésimo intervalo de bit. A seqüência de  $N$  valores temporários  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_N)$  representa o vetor de atributos da seqüência de dados de  $N$  bits.

Em outras concretizações, os vetores de atributos  
5 podem compreender uma variedade de medições adequadas diferentes. Por exemplo, em concretizações que implementam um esquema de modulação PSK binário, o vetor de atributos compreende uma seqüência de valores de correlação cruzada. Para cada intervalo de bit, o módulo de extração de atributos  
10 calcula um valor de correlação cruzada entre a forma de onda recebida e cada um de dois sinusóides: um com uma fase de 0 graus e outro com uma fase de 90 graus. Esses dois valores de correlação são indicados por  $S_Q$  e  $S_I$ , respectivamente. A quantidade  $S_Q - S_I$  é então gravada como  $X_i$ , o "valor temporário" para o enésimo  
15 intervalo de bit.

O vetor de atributos  $X$  é submetido ao módulo de estimativa de seqüência de bits  
20 para cada intervalo de bit é proporcional à probabilidade de que o bit correspondente é um binário "1", e a grandeza de  $S(f_0)$  é proporcional à probabilidade de que o bit correspondente é um binário "0". Portanto, se  $X_i$  ou  $S(f_1) - S(f_0)$  for positivo, então o módulo de estimativa de seqüência de bits 320 designa o enésimo  
25 bit da seqüência de bits estimada como um valor "1" binário; caso contrário, o enésimo bit é designado como um valor "0" binário.

O objetivo do módulo de estimativa de seqüência de bits 320 é estimar a seqüência mais provável de bits representada

pelo vetor de atributos X. Em algumas concretizações, o módulo de estimativa de seqüência de bits 320 aplica uma regra de decisão em um bit por vez, conforme descrito acima. Em outras concretizações, diferentes técnicas de estimativa de seqüência de bits podem ser utilizadas. Por exemplo, ao decodificar um código convolucional, cada decisão de bit individual é influenciada pelas observações feitas nos períodos dos bits adjacentes.

Em alguns casos, a seqüência de bits estimada gerada pelo módulo de estimativa de seqüência de bits 320 inclui erros, e a seqüência falha na verificação de detecção de erros subsequente. Em tais casos, o receptor convencional 300 apresentado na FIG. 4A descarta o primeiro vetor de atributos X, e aguarda a retransmissão da seqüência de dados de N bits.

No tempo  $t_2$ , o módulo de extração de atributos 310 recebe um segundo sinal demodulado, que compreende uma transmissão repetida da seqüência de dados de N bits original. O módulo de extração de atributos 310 gera então um segundo vetor de atributos Y. Visto que o receptor convencional 300 descartou o primeiro vetor de atributos X, o módulo de estimativa de seqüência de bits 320 analisa o segundo vetor de atributos Y independentemente do primeiro vetor de atributos X. Se a segunda seqüência de bits estimada também tiver erros, o processo será repetido até que uma cópia livre de erros da seqüência de dados de N bits possa ser recebida pela rede sem fio 12 ou a transmissão atingir o tempo limite.

A FIG. 4B ilustra um receptor 330 compreendendo um módulo de extração de atributos 340 e um módulo de estimativa

de seqüência de bits 350, incluindo um componente de combinação de diversidade temporal 360, de acordo com as concretizações do presente pedido. De maneira similar ao receptor convencional 300, em um tempo  $t_1$ , um primeiro sinal demodulado é recebido pelo

5 módulo de extração de atributos 340, que gera um primeiro vetor de atributos X representando o sinal demodulado. O vetor de atributos X é então submetido ao módulo de estimativa de seqüência de bits 350, que analisa o vetor de atributos X e gera uma seqüência de bits estimada, conforme descrito acima. No

10 exemplo apresentado na FIG. 4B, a seqüência de bits estimada inclui erros. Entretanto, o receptor 330 não descarta o vetor de atributos X. Em vez disso, o receptor 330 armazena o primeiro vetor de atributos X na memória para uso posterior pelo componente de combinação de diversidade temporal 360.

15 No tempo  $t_2$ , o módulo de extração de atributos 310 recebe um segundo sinal demodulado, que compreende uma transmissão repetida da seqüência de dados de N bits original. O módulo de extração de atributos 310 gera então um segundo vetor de atributos Y. Se a seqüência de bits estimada baseada no

20 segundo vetor de atributos Y contiver erros, o componente de combinação de diversidade temporal 360 pode, de maneira vantajosa, analisar o segundo vetor de atributos Y, em combinação com o primeiro vetor de atributos X, que está armazenado na memória. Portanto, o módulo de estimativa de seqüência de bits

25 350 pode gerar uma seqüência de bits estimada adicional com base na combinação dos vetores de atributos X e Y.

Em algumas concretizações, os vetores de atributos X e Y são somados ou tem a média calculada para gerar a seqüência

de bits estimada adicional. Por exemplo, no exemplo do FSK binário descrito acima, se os vetores de atributos X e Y contiverem erros, o componente de combinação de diversidade temporal 360 pode gerar um terceiro vetor de atributos, V, fazendo a soma dos valores temporários correspondentes, como segue:

$$V_1 = X_1+Y_1, V_2 = X_2+Y_2, \dots, V_N = X_N+Y_N.$$

Em seguida, o módulo de estimativa de seqüência de bits 350 pode criar a seqüência de bits estimada aplicando a mesma estimativa de seqüência de bits descrita acima: Se  $V_1$  for positivo, então o enésimo bit é designado como um valor "1" binário, caso contrário, o enésimo bit é designado como um valor "0" binário.

Para qualquer taxa de erro de bits constante, o vetor combinado V terá uma probabilidade maior de produzir uma estimativa de seqüência correta do que o X ou Y por si mesmos. O vetor combinado V normalmente é mais preciso do que X ou Y sozinho, porque quando duas cópias separadas de um dado sinal são transmitidas por um canal de baixa qualidade, elas provavelmente experimentarão efeitos de distorção de diversas formas. Portanto, quando utilizados em conjunto, seus vetores de atributos associados X e Y geralmente produzem uma estimativa melhor da seqüência transmitida do que qualquer um deles sozinho.

Se o vetor combinado V não produzir uma seqüência de bits estimada correta, o primeiro e o segundo vetores de atributos X e Y permanecem armazenados na memória. Se o próximo vetor de atributos recebido Z (não apresentado) também falhar,

então o componente de combinação de diversidade temporal 360 pode construir outro vetor novo combinado,  $W$ , somando os valores temporários de todos os três vetores recebidos, como segue:

$$W_i = X_i + Y_i + Z_i, W_2 = X_2 + Y_2 + Z_2, \dots, W_N = X_N + Y_N +$$

5  $Z_N.$

Como alternativa, uma vez que há um número ímpar de vetores de atributos, o valor do enésimo bit poderia ser designado por um voto majoritário entre  $X_i$ ,  $Y_i$  e  $Z_i$ . O vetor combinado  $W$  tem uma probabilidade ainda maior de produzir uma

10 estimativa correta do que o vetor  $V$ . Assim, ao tirar proveito da diversidade temporal das transmissões repetidas, o receptor 330 pode fazer estimativas cada vez melhores da seqüência de dados transmitida com cada transmissão repetida.

A FIG. 5 ilustra a operação do receptor 330 tendo

15 capacidade de combinação de diversidade temporal. O bloco 400 representa o começo do processo quando um dado sinal de dados tiver sido recebido e demodulado por um modem IBS 28. A esta altura no processo, o modem IBS 28 detectou o sinal de dados e realizou a sincronização e outras etapas necessárias para

20 demodular o sinal. Conforme descrito acima, o sinal de dados pode compreender praticamente qualquer seqüência de bits desejada, como por exemplo, um pacote de dados representando uma parte de uma carga útil da mensagem.

O bloco 405 extrai um vetor de atributos do sinal de

25 dados demodulado. O bloco 410 gera uma seqüência de bits estimada com base no vetor de atributos extraído. Em algumas concretizações, essa estimativa envolve um componente de correção de erros, tal como, por exemplo, um código BCH, código de Re-

ed-Solomon ou código de correção de erros convolucional. O bloco de decisão 415 determina se a seqüência de bits estimada inclui algum erro. Em algumas concretizações, essa determinação inclui um algoritmo de verificação de erro CRC.

5           Se não for detectado nenhum erro, então o bloco 420 exclui vetores de atributos similares (se houver) armazenados na memória do receptor 330. Geralmente, dois ou mais vetores de atributos são considerados "similares" se eles corresponderem a uma única seqüência de dados. Em algumas concre-

10           tizações, os vetores de atributos correspondendo a diferentes seqüências de dados podem ser armazenados na memória do receptor 330 ao mesmo tempo. Nessas concretizações, os vetores de atributos similares podem ser identificados determinando se a porcentagem de bits comuns entre dois dados vetores excede um

15           limiar selecionado, como por exemplo, 80%. Assim que os vetores de atributos similares forem identificados e excluídos, o bloco 425 envia um sinal de confirmação (ACK) ao transmissor, e o processo termina no bloco 430.

          Caso sejam detectados erros no bloco de decisão 415,

20           então o bloco 435 armazena o vetor de atributos atual na memória do receptor 330. O bloco de decisão opcional 440 determina se quaisquer vetores de atributos similares estão armazenados na memória. Conforme descrito acima, essa determinação pode ser feita avaliando se algum dos vetores de atributos armazenados

25           na memória possui a porcentagem limiar desejada de bits em comum com o vetor de atributos de interesse. Se não, o sinal de dados digital é retransmitido e o controle retorna para o bloco 405, onde o vetor de atributos é extraído do sinal de dados re-

transmitido.

Na concretização ilustrada, se o bloco de decisão 440 determinar que vetores de atributos similares estão armazenados na memória, então o bloco 450 gera uma ou mais seqüências de bits  
5 estimadas adicionais com base na combinação dos vetores de atributos similares, conforme descrito acima. Em outras concretizações, o bloco 450 gera seqüências de bits estimadas adicionais combinando todos os vetores de atributos armazenados na memória, independente de se eles são similares. O bloco de  
10 decisão 455 determina se a(s) seqüência(s) de bits estimada(s) adicional(is) inclui(em) algum erro. Se não, então o bloco 420 exclui os vetores de atributos similares armazenados na memória, e o método continua conforme descrito acima.

Se forem detectados erros no bloco de decisão 455,  
15 então o sinal de dados digital é retransmitido e o controle retorna para o bloco 405, conforme descrito acima. Em alguns casos, o transmissor pode terminar o processo antes de ser recebida uma cópia livre de erros do sinal de dados digital. Por exemplo, o transmissor pode parar de retransmitir o sinal de  
20 dados digital após um número determinado de transmissões repetidas malsucedidas ou um período de tempo determinado desde a primeira transmissão malsucedida.

Os sistemas e métodos de combinação de diversidade temporal descritos acima apresentam uma série de vantagens  
25 evidentes sobre as abordagens comuns. Por exemplo, armazenando os vetores de atributos na memória, o receptor 330 com o componente de combinação de diversidade temporal 360 pode extrair mais informações de transmissões malsucedidas do que um

receptor convencional 300. Portanto, o receptor 330 pode geralmente produzir uma seqüência de informações livre de erros usando menos transmissões repetidas do que um receptor convencional 300. Como alternativa, é possível implementar um  
5 esquema FEC mais eficiente, com menos bits redundantes para correção de erros do que o exigido pelos sistemas convencionais.

Embora a presente invenção tenha sido descrita com referência a certas concretizações preferidas, outras concretizações evidentes aos versados na técnica, inclusive  
10 concretizações que não oferecem todos os aspectos e vantagens apresentados neste documento, também se enquadram no âmbito da presente invenção. Logo, o âmbito da presente invenção é definido apenas por referência às reivindicações anexas e seus equivalentes.

## REIVINDICAÇÕES

1. Receptor para recuperar um sinal de dados digital transmitido por um canal de voz digital de uma rede de telecomunicações sem fio, **CARACTERIZADO** por compreender:

5           um módulo de extração de atributos configurado para receber uma forma de onda de audiofrequência que codifica o sinal de dados digital transmitido pelo canal de voz digital da rede de telecomunicações sem fio e gerar um primeiro vetor de atributos que descreve a forma de onda de audiofrequência;

10           uma memória configurada para armazenar um ou mais vetores de atributos; e

          um módulo de estimativa de seqüência de bits configurado para analisar o primeiro vetor de atributos e gerar uma primeira seqüência de bits estimada que corresponde ao sinal de dados digital,

15           em que o módulo de estimativa de seqüência de bits compreende um componente de combinação de diversidade temporal configurado para gerar uma segunda seqüência de bits estimada analisando o primeiro vetor de atributos em combinação com um ou mais vetores de atributos armazenados na memória.

2. Receptor, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** por adicionalmente compreender um modem de sinalização dentro da banda configurado para demodular o sinal de áudio.

25           3. Receptor, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que cada vetor de atributos compreende uma seqüência de grandezas de Fourier ou uma seqüência de valores de correlação cruzada.

4. Receptor, de acordo com a reivindicação 1, **CA-  
RACTERIZADO** pelo fato de que o um ou mais vetores de atributos armazenados na memória possuem cerca de 80% ou mais bits em comum com o primeiro vetor de atributos.

5           5. Receptor, de acordo com a reivindicação 1, **CA-  
RACTERIZADO** por adicionalmente compreender um módulo de detecção de erros configurado para verificar erros dentro da primeira e segunda seqüências de bits estimadas.

10           6. Receptor para recuperar um sinal de dados digital transmitido por um canal de voz digital de uma rede de telecomunicações sem fio, **CARACTERIZADO** por compreender:

15           extrair um primeiro vetor de atributos de uma forma de onda de audiofrequência que codifica o sinal de dados digital transmitido pelo canal de voz digital da rede de telecomunicações sem fio;

            gerar uma primeira seqüência de bits estimada com base no primeiro vetor de atributos;

            verificar erros dentro da primeira seqüência de bits estimada;

20           armazenar o primeiro vetor de atributos em um módulo de memória caso a primeira seqüência de bits estimada contenha erros;

            selecionar um segundo vetor de atributos armazenado no módulo de memória;

25           gerar uma segunda seqüência de bits estimada com base em uma combinação do primeiro vetor de atributos e do segundo vetor de atributos; e

            verificar erros dentro da segunda seqüência de bits

estimada.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CA-  
RACTERIZADO** por adicionalmente compreender:

5 selecionar um ou mais vetores de atributos adicionais  
armazenados no módulo de memória para combinação com o primeiro  
e segundo vetores de atributos;

10 gerar uma ou mais seqüências de bits estimadas  
adicionais com base em uma combinação do primeiro vetor de  
atributos, do segundo vetor de atributos e de um ou mais vetores  
de atributos adicionais; e

verificar erros dentro de uma ou mais seqüências de  
bits estimadas adicionais.

15 8. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CA-  
RACTERIZADO** pelo fato de que selecionar o segundo vetor de  
atributos compreende determinar se o segundo vetor de atributos  
é similar ao primeiro vetor de atributos.

20 9. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CA-  
RACTERIZADO** por adicionalmente compreender excluir o segundo  
vetor de atributos do módulo de memória se a segunda seqüência  
de bits estimada não contiver erros.

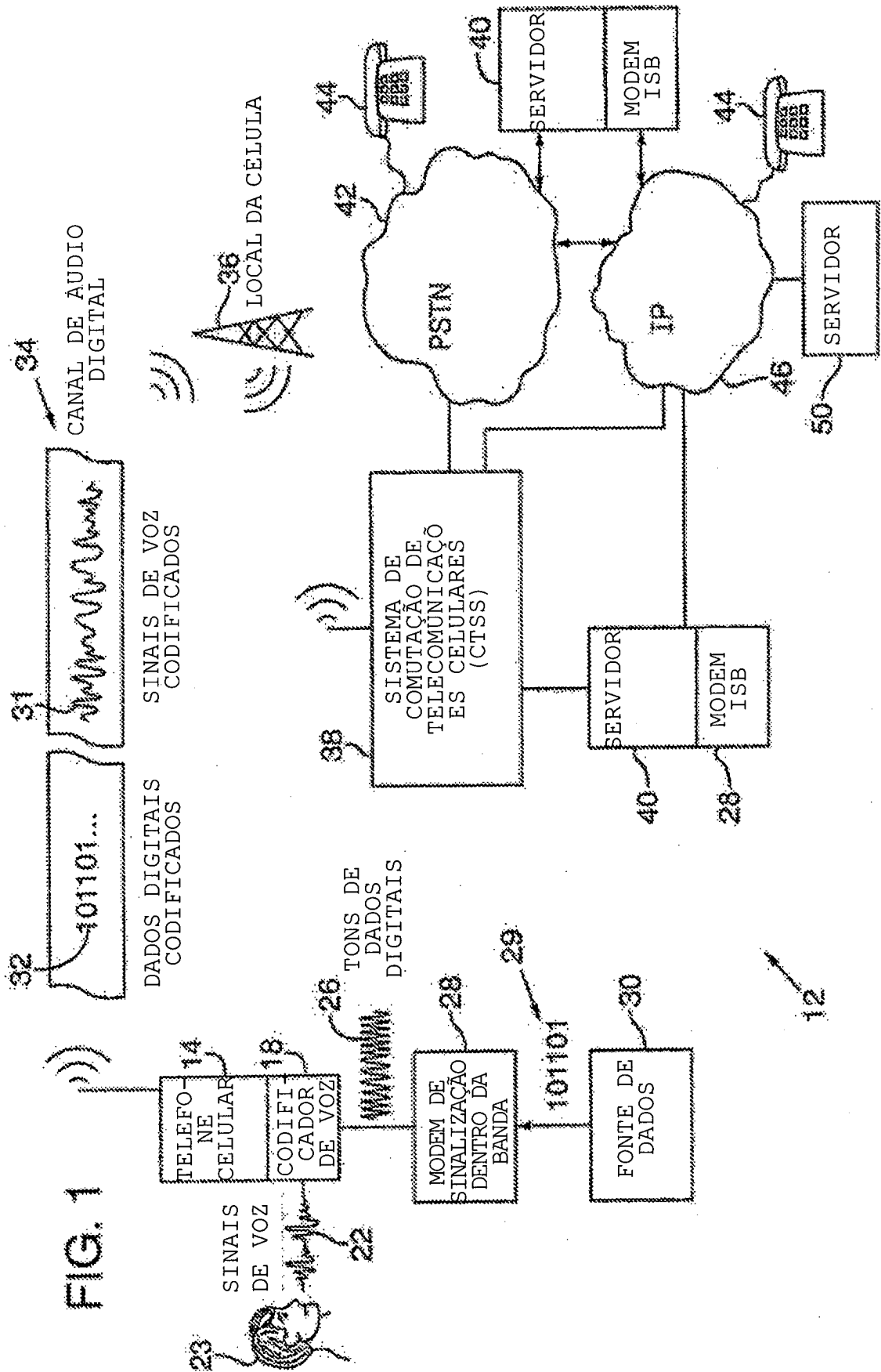
10. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CA-  
RACTERIZADO** pelo fato de que gerar a segunda seqüência de bits  
estimada compreende somar ou calcular a média do primeiro vetor  
de atributos e do segundo vetor de atributos.

25 11. Método de recuperação de um sinal de dados digital  
transmitido por um canal de voz digital de uma rede de te-  
lecomunicações sem fio, o método sendo **CARACTERIZADO** por  
compreender receber uma multiplicidade de formas de onda de

audiofrequência que codificam o referido sinal de dados digital, extrair uma multiplicidade de vetores de atributos das respectivas formas de onda de audiofrequência recebidas, e usar a referida multiplicidade de vetores de atributos juntos para  
5 derivar uma estimativa do referido sinal de dados digital.

12. Aparelho, **CARACTERIZADO** por ser para a execução do método de qualquer uma das reivindicações 6 a 10.

13. Programa de computador, **CARACTERIZADO** por ser para a execução do método de qualquer uma das reivindicações 6  
10 a 10, ou um meio de armazenamento legível por computador armazenando tal programa de computador.





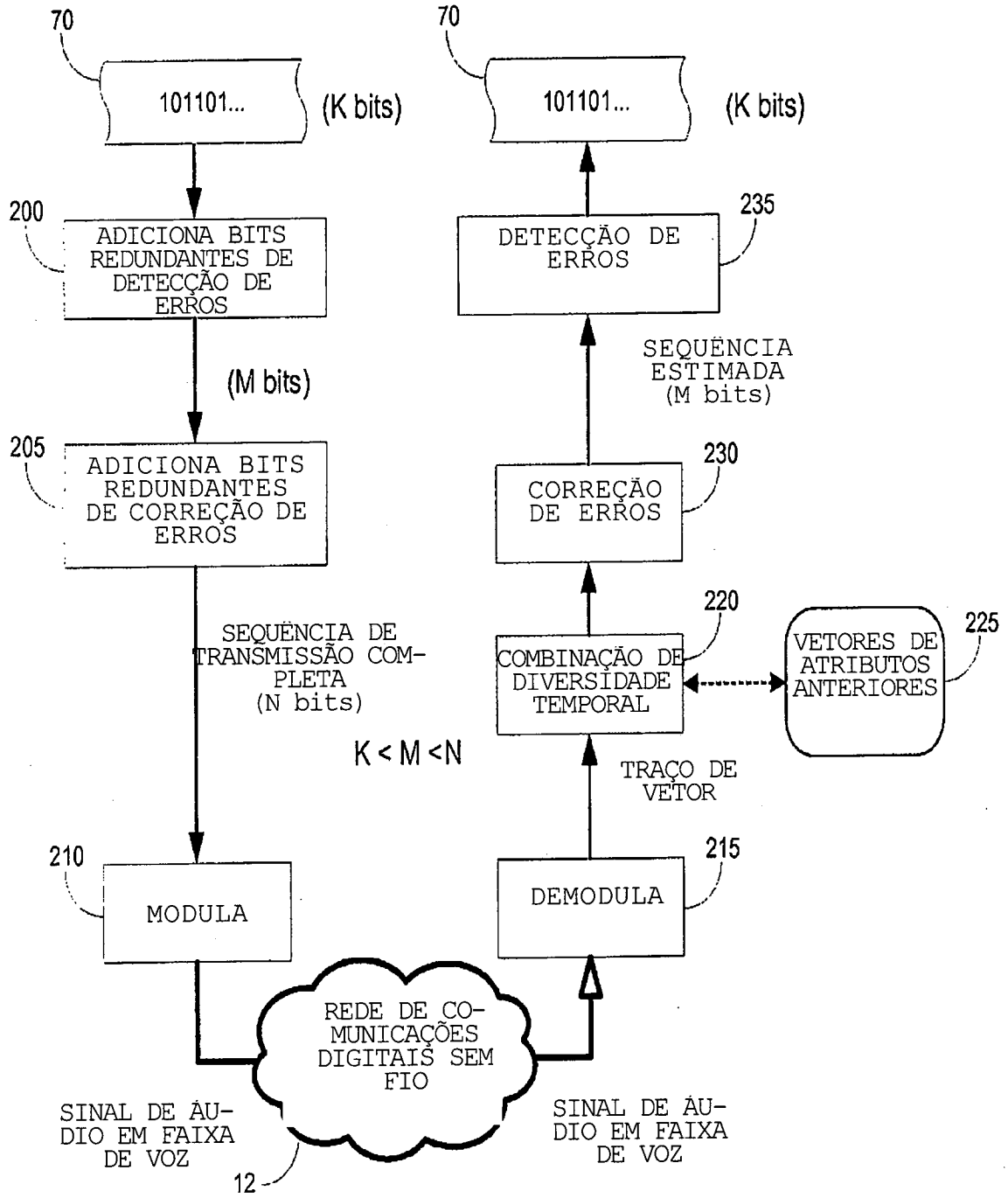


FIG. 3

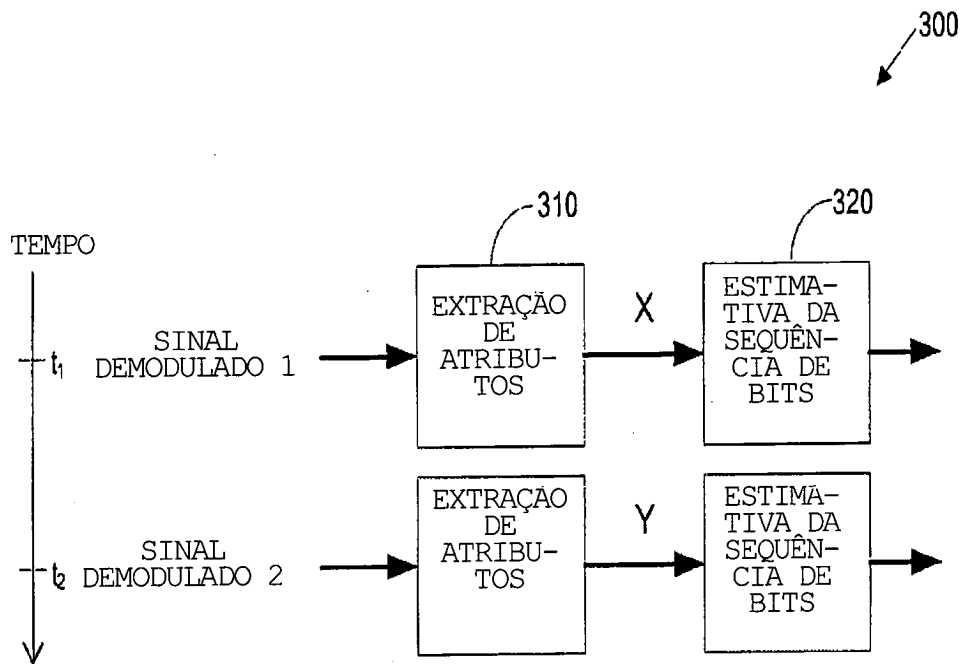


FIG. 4A

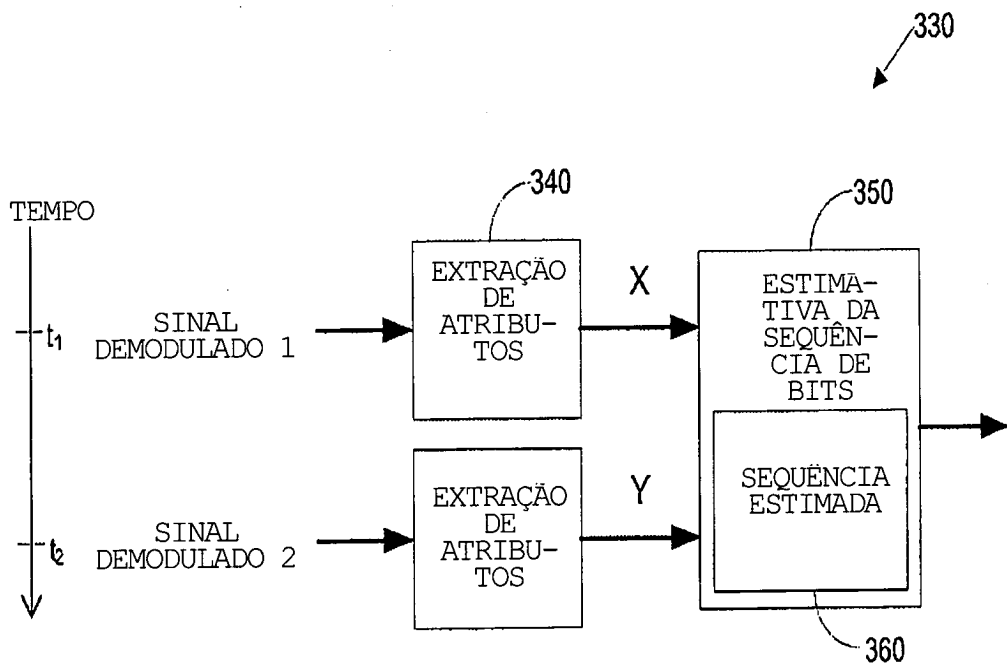


FIG. 4B

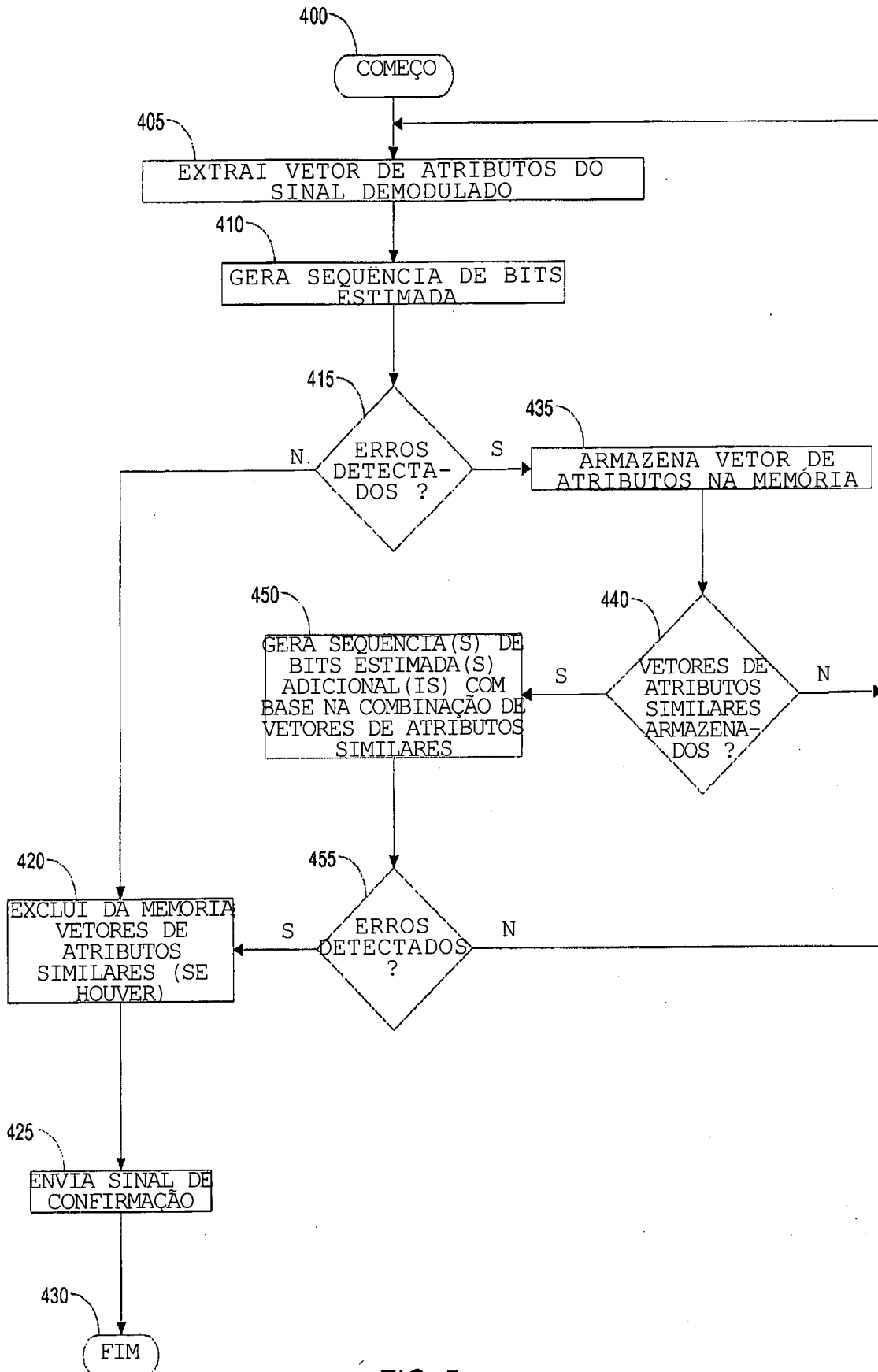


FIG. 5

RESUMO

"COMUNICAÇÕES DE DADOS POR CANAL DE VOZ COM DIVERSIDADE TEMPORAL"

Trata-se de um receptor (330) com um componente de  
5 combinação de diversidade temporal (360) que recupera um sinal  
de dados digital (29) transmitido por um canal de voz de uma rede  
de telecomunicações digital sem fio. Um módulo de extração de  
atributos (340) recebe uma forma de onda de audiofrequência que  
codifica o sinal de dados digital, e gera um vetor de atributos  
10 (405) que representa o sinal de dados digital. Um módulo de  
estimativa de seqüência de bits (350) analisa o vetor de  
atributos e gera uma seqüência de bits estimada (410), cor-  
respondendo ao sinal de dados digital. Uma memória (225)  
armazena o vetor de atributos (435) caso a seqüência de bits  
15 estimada contenha erros (415). Um componente de combinação de  
diversidade temporal (360) gera uma segunda seqüência de bits  
estimada (450) analisando o primeiro vetor de atributos, em  
combinação com um ou mais vetores de atributos armazenados na  
memória.

20

FIG. 5

430 - FIM