



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

**(11) PI 0520826-2 B1**



**(22) Data do Depósito: 31/12/2005**

**(45) Data de Concessão: 13/11/2018**

**(54) Título:** MÉTODO DE DEMODULAÇÃO ADAPTÁVEL 8PSK NO SISTEMA EDGE

**(51) Int.Cl.:** H04L 27/233; H04L 25/02; G06F 11/10.

**(52) CPC:** H04L 27/2338; H04L 25/0216; G06F 11/10.

**(30) Prioridade Unionista:** 31/12/2005 WO PCT/CN2005/002438.

**(73) Titular(es):** ZTE CORPORATION.

**(72) Inventor(es):** XIONG, GANG.

**(86) Pedido PCT:** PCT CN2005002438 de 31/12/2005

**(87) Publicação PCT:** WO 2007/076638 de 12/07/2007

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 27/06/2008

**(57) Resumo:** Método de demodulação adaptável 8PSK no sistema EDGE. Que inclui: módulo de contra-rotação de sinal que contra-rotaciona os sinais recebidos 1 e Q sob taxas de amostragens multi-periódicas; um módulo de estimativa de parâmetro de canal que executa a correlação móvel ao sinal contra-rotacionado e obtém o parâmetro estimado de canal sob taxas de amostragens multi-periódicas; executar a estimativa conjunta de acordo com o parâmetro estimado de canal, e determinar o avanço do tempo do sinal e da extensão de dispersão efetiva do canal simultaneamente pela sincronização comum e pela sincronização exata; executar a sincronização e subamostragem do sinal contra-rotacionado; executar a filtragem ajustada depuradora do sinal sincronizado e subamostrado; executar a demodulação adaptável 8PSK por meio do estado reduzido de acordo com regras predeterminadas. O método da invenção melhora o desempenho do sistema de banda base quando a extensão de dispersão efetiva do canal é menor e seguramente mantém o desempenho do sistema de banda base inalterado quando a extensão da dispersão do canal é maior na premissa de satisfazer as especificações do protocolo do EDGE.

**“MÉTODO DE DEMODULAÇÃO ADAPTÁVEL 8PSK NO SISTEMA EDGE”****[001] CAMPO TÉCNICO**

**[002]** A presente invenção se refere a um método de demodulação adaptável no campo de comunicação móvel, e particularmente relaciona-se a um método da demodulação adaptável 8PSK no sistema EDGE.

**[003] Estado da Técnica**

**[004]** Como um sistema de comunicação celular móvel da segunda geração, o GSM tem encontrado ampla utilização mundial, contudo, com a diversificação de desenvolvimento e utilização da tecnologia de comunicação móvel, a demanda por serviço de dados está aumentando. A fim de propiciar velocidades de transmissão de dados mais elevadas no sistema GSM de celular existente, o EDGE (Taxa Aprimorada de Dados para Evolução GSM) introduziu o esquema de modulação digital multi-nível - modulação 8PSK (doravante chamados “EDGE” e “8PSK” como termos técnicos padrão).

**[005]** Considerando que a modulação 8PSK traça três bits contínuos a um símbolo na coordenada I/Q, conseqüentemente, maiores taxas de bit e de eficiência do espectro de frequência podem ser atingidas. Em condições de canal diferentes, o sistema EDGE pode prover nove modulações e esquemas de codificação distintos - MCS (Modulation and Coding Scheme), em que o esquema da modulação GMSK do sistema da GSM é ainda utilizado em MCS1-4, enquanto que o esquema da modulação 8PSK é usado em MCS5-9.

**[006]** Na comunicação móvel, as características do canal sem fio são muito falhas, aparecendo principalmente como dispersões multidirecional e Doppler.

A dispersão multidirecional pode causar a interferência intersimbólica dos sinais, e o receptor deve usar tecnologia de equalização para eliminar a interferência. Diversos modelos típicos de propagação para canal sem-fio são previstos no protocolo GSM/EDGE, por exemplo, o modelo estático Static, o modelo de área urbana TU50 (50 representa que a velocidade da estação móvel é de 50 km/h), o modelo de área rural RA250 e assim por diante. Sendo que a extensão de dispersão do canal L no modelo estático é 2, enquanto que

no modelo de terreno montanhoso é 6. Para a demodulação de 8PSK, o tamanho da constelação de sinais  $M$  é 8. Se o método convencional é usado, o número total do estado de 8PSK é  $8^5 = 32768$ , o qual é difícil de ser alcançado pelo sistema de demodulação da banda base. Para que isso seja alcançado, o RSSE (Reduced-State Sequence Estimation, vide “Delayed Decision-Feedback Sequence Estimation” A. Duel-Hallen, c. Heegard, IEEE Trans. Comm. Vol.37, pp. 428-436, May 1989) ou o DDFSE (Delayed Decision-Feedback Sequence Estimation, vide “Reduced-State Estimation with Set Partition and Decision Feedback”, M.V. Eyuboglu, S.U.H. Qureshi, IEEE Trans. Comm. Vol.36, pp. 13-20, Jan 1988) são geralmente usados para executar demodulação da equalização para 8PSK.

**[007]** No DDFSE, somente parâmetros de canal de ordem  $K$  ( $1 \leq K \leq L$ ) são usados para definir o Diagrama de Trellis, em que o número de estado é  $M^{K-1}$ , e os parâmetros de canal de ordem de suporte podem empregar o método de PSP (Per-Survivor Processing, vide “Per-Survivor Processing: A General Approach to MLSE in Uncertain Environments”, R. Rahelli, A. Polydoros and C.K. Tzou, IEEE Trans. Comm. vol. 43, pp. 354-364, Feb./Mar./Apr. 1995) para calcular o desvio métrico. O RSSE é mais flexível, pois diferentes  $K$  e  $M$  podem ser selecionados para igualar o desempenho e complexidade. O método comum consiste em usar a partição em subconjunto de Ungerboeck para determinar os números de subconjunto e de estado do Diagrama de Trellis. O número de estado  $N_{\text{state}} = \{N[i], 1 \leq i \leq L-1\}$  de cada ordem é definido, e igualmente satisfaz  $N[1] \geq N[2] \geq \dots \geq N[L-1]$ , assim o número de estado do RSSE é:

**[008]** 
$$Z = \prod_{i=1}^{L-1} N[i]$$

**[009]** Similar ao DDFSE, o RSSE também necessita empregar o PSP para calcular o desvio métrico. Apesar do RSSE e o DDFSE serem de fácil execução, devido à incerteza da transmissão de canal de ar, a extensão da dispersão do canal efetivo pode variar entre 2 a 6, quando se usa um determinado número de estado e julgando a extensão do feedback, para a

menor extensão de dispersão do canal efetivo, não apenas determinadas perdas de desempenho da demodulação serão causadas, mas também haverá maior complexidade de operação. Consequentemente, um equalizador adaptável para demodulação precisa ser encontrado, para que um ganho maior de demodulação seja obtido com menor complexidade.

**[010]** A patente de número US5644603 com o título “Estimador de Sequência de Probabilidade Máxima com Número Variável de Estados” usa sequências de treinamento para estimar parâmetros de canal e determina o número do estado do algoritmo de Viterbi de acordo com os parâmetros de canal estimados para obter o resultado da saída do demodulador. Neste pedido de patente, quando a constelação de sinais é maior, a complexidade do sistema aumenta exponencialmente, o que é inaceitável no demodulador 8PSK do sistema EDGE.

**[011]** Adicionalmente, esta patente somente determina a extensão real de dispersão do canal ao julgar se a soma da energia dos parâmetros de canal da ordem precedente é maior do que um ponto limiar predeterminado. Este método é facilmente sujeito ao retardo do tempo de sinal e, adicionalmente, o ponto limiar anteriormente mencionado é difícil de ser determinado e este método é difícil de ser executado no sistema em si.

**[012]** A patente chinesa de número 01112664.7 intitulada “Método de Equalizador e Demodulador 8PSK para o sistema EDGE” revela um método de equalização e de demodulação de 8PSK para o sistema EDGE. Primeiramente, este método de filtro adaptado é executado ao sinal contra-rotacionado, em seguida a demodulação coerente é executada ao resultado da saída e o símbolo demodulado é julgado. De acordo com os dados demodulados coerentes, a busca do caminho das iterações  $N_d$  (o  $N_d$  é o tempo iterativo, que é geralmente 1 ou 2) é executada para selecionar a sequência que tem a função de máxima probabilidade assim como a sequência da saída de todas as sequências possíveis. A complexidade da operação é reduzida a  $N_d \times 3 \times 2^{L-1}$  usando este método. Embora esta invenção tenha um número pequeno de

operações e o sistema é altamente realizável, a emulação desta invenção pode demonstrar que o desempenho do algoritmo de demodulação desta invenção pode não satisfazer as especificações de protocolo EDGE e não é adequada de ser realizada no atual sistema.

**[013]** O estado da técnica com os defeitos acima não pode garantir o desempenho do demodulador e equalizador 8PSK, tem ainda uma maior complexidade de operação e é muito difícil de determinar efetivamente a extensão de dispersão do canal. Desse modo, para o sistema EDGE, um método de demodulação e de equalização adaptável 8PSK necessita ser encontrado, o que é o propósito da presente invenção.

**[014]** Sumário da Invenção

**[015]** O objetivo da presente invenção é fornecer um método de demodulação e equalização adaptável 8PSK no sistema EDGE, o qual executa estimativa conjunta de acordo com o parâmetro estimado de canal, e determina o tempo de avanço de sinal e da extensão da dispersão efetiva do canal simultaneamente pela sincronização comum e pela sincronização exata, e executa a demodulação adaptável 8PSK por meio do estado reduzido.

**[016]** Um método da demodulação adaptável 8PSK no sistema EDGE compreendendo as seguintes etapas:

**[017]** A. um modulo de contra-rotação de sinal que contra-rotaciona os sinais I e Q recebidos sob a taxa de amostra multi-periódica;

**[018]** B. um modulo de estimativa do parâmetro de canal que realiza correlações móveis aos sinais contra-rotacionados e obtém o parâmetro estimado de canal sob a taxa de amostra multi-periódica;

**[019]** C. executar estimativa conjunta de acordo com o parâmetro estimado de canal, e determinar o tempo de avanço do sinal e a extensão real de dispersão do canal por meio de uma sincronização comum e por uma sincronização exata, onde a sincronização comum produz um valor estimado comum de avanço do tempo e o valor de estimativa da extensão de dispersão do canal, e a sincronização exata produz um valor exato de estimativa de

avanço do tempo;

**[020]** D. sincronizar o desempenho e subamostragem aos sinais de contra-rotação baseando-se no avanço de tempo do sinal, e nesse ínterim, executar a sincronização e subamostragem para o parâmetro de canal estimado;

**[021]** E. executar o filtro ajustado depurador (Whitening Matched Filter -WMF) para os sinais sincronizados e subamostrados;

**[022]** F. enviar o sinal filtrado ajustado de depuração ao demodulador e equalizador adaptável, e executar a demodulação adaptável 8PSK por meio do estado reduzido de acordo com as regras predeterminadas com base na extensão real de dispersão do canal.

**[023]** O dito método, tendo a dita sincronização comum no método, compreende as seguintes etapas:

**[024]** C11. iniciar o tamanho da janela de procura para ser  $2N$ , onde  $N$  é o número dos pontos de amostragem dentro do período símbolo;

**[025]** C12. iniciar a posição do símbolo onde a procura começa, iniciar uma série de parâmetros: a soma da energia máxima no escopo de procura  $En\_Max=0$ , a posição que corresponde à soma da energia máxima  $TA\_Max=0$ , a segunda soma da energia máxima no escopo de procura  $En\_Sec\_Max=0$  e a sua posição correspondente  $TA\_Sec\_Max=0$ ;

**[026]** C13. no escopo da procura de símbolo  $[0, N_h-1]$ ,  $N_h$  é a extensão da procura, procurar a energia máxima do parâmetro estimado de canal  $En\_Max$  pela tomada do tamanho da atual janela de pesquisa tal como o tamanho da janela, registrar a posição de seu ponto de amostragem  $TA\_Max$ ; ao mesmo tempo, procurar a segunda soma de energia máxima do parâmetro estimado de canal  $En\_Sec\_Max$  e sua posição correspondente  $TA\_Sec\_Max$ ;

**[027]** C14. julgar se qualquer uma das condições que  $En\_Max/En\_Sec\_Max$  é maior do que o ponto limiar e a janela da procura é  $6N$  está satisfeita; se não é satisfeita, ampliar a extensão da etapa do tamanho da janela ao  $N$  e partir para a etapa C12; se é satisfeita, armazenar a posição de ponto da amostragem da soma da energia máxima atual tal como o valor de estimativa comum do

tempo de avanço  $TA\_Coarse$ , ao mesmo tempo, determinar que a extensão da dispersão do canal  $K_d$  é igual ao tamanho da procura atual  $window/N$ .

**[028]** O dito método, tendo a dita sincronização exata, compreende as seguintes etapas:

**[029]** C21. iniciar o tamanho da janela de procura para ser  $K_d \times N$ ;

**[030]** C22. procurar a soma da energia máxima do parâmetro estimado de canal no escopo da procura do ponto de amostragem  $[(TA\_Coarse-1) \times N + 1, TA\_Coarse \times N, TA\_Coarse \times N]$ , e registrar a posição de seu ponto de amostragem correspondente ao mesmo tempo;

**[031]** C23. armazenar a posição do ponto de amostragem que corresponde à soma da energia máxima tal como o resultado da sincronização exata.

**[032]** No dito método, em que a posição símbolo inicial, onde a procura se inicia, é a posição do primeiro símbolo do parâmetro estimado de canal.

**[033]** No dito método, em que a entrada da regra é a extensão de dispersão efetiva do canal  $K_d$ , o seu resultado é a ordem do canal  $\mu$  e o número de estado em cada ordem  $N_{state} = \{N[1], N[2], \dots, N[\mu]\}$ , onde  $K_d$  é um número natural em  $2 \leq K_d \leq 6$ ,  $\mu$  é um número natural no  $2 \leq \mu \leq K_d$ , e as regras são:

**[034]** quando  $K_d=2$ , então  $\mu=2$  e  $N_{state} = \{N[1]=8, N[2]=1\}$ ;

**[035]** quando  $K_d=3$ , então  $\mu=3$  e  $N_{state} = \{N[1]=4, N[2]=2, N[3]=1\}$ ;

**[036]** quando  $K_d=4$ , então  $\mu=4$  e  $N_{state} = \{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1\}$ ;

**[037]** quando  $K_d=5$ , então  $\mu=4$  e  $N_{state} = \{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1\}$ ;

**[038]** quando  $K_d=6$ , então  $\mu=5$  e  $N_{state} = \{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1, N[5]=1\}$ ;

**[039]** No dito método, onde o parâmetro de entrada do filtro ajustado de depuração é o parâmetro de canal sincronizado e subamostrado estimado.

**[040]** A presente invenção fornece um método da demodulação 8PSK adaptável ao sistema EDGE, comparado com o método tradicional, a presente invenção melhora o desempenho do sistema de banda base quando a extensão de dispersão efetiva do canal é menor e seguramente mantém inalterado o desempenho do sistema banda base quando a extensão de dispersão do canal

é maior na premissa de satisfazer as especificações do protocolo EDGE.

**[041]** Breve descrição dos desenhos

**[042]** A Figura 1 é uma vista esquemática básica mostrando o modelo de canal do sistema de comunicação móvel da presente invenção;

**[043]** A Figura 2 é uma vista esquemática mostrando o formato dos dados dos sinais I e Q sob taxa de amostragem multiperíódica recebida pela banda base no método da presente invenção;

**[044]** A Figura 3 é uma vista mostrando o dispositivo adaptável de demodulação e equalização 8PSK no método da presente invenção;

**[045]** A Figura 4 é um fluxograma mostrando a execução da estimativa conjunta de avanço de tempo do sinal e sincronização comum na extensão de dispersão do canal no método da presente invenção;

**[046]** A Figura 5 é um fluxograma mostrando a execução da estimativa conjunta do avanço de tempo do sinal e sincronização exata na extensão de dispersão do canal no método da presente invenção;

**[047]** As Figuras 6a e 6b são vistas esquemáticas mostrando os exemplos de execução da sincronização comum e da sincronização exata no método da presente invenção;

**[048]** A Figura 7 é uma vista esquemática mostrando a partição do subconjunto 8PSK no método da presente invenção.

**[049]** Modos de execução

**[050]** As incorporações do método da presente invenção serão descritas em detalhes em combinação com os desenhos em anexo. Para os técnicos no assunto os objetos acima e outros, as características e vantagens da presente invenção poderiam ser óbvios da descrição do método da presente invenção.

**[051]** A presente invenção fornece um método de demodulação e equalização adaptável 8PSK para o sistema EDGE, isto é, primeiramente, desempenhando a estimativa conjunta de acordo com o parâmetro estimado de canal, determinando o avanço de tempo do sinal e a extensão de dispersão efetiva do canal simultaneamente pela sincronização comum e pela

sincronização exata, e desempenhando a demodulação 8PSK de modo adaptável por meio de estado reduzido de acordo com as regras predeterminadas com base nesta extensão de dispersão. Comparado com o método tradicional, a presente invenção melhora o desempenho do sistema de banda base quando a extensão de dispersão efetiva do canal é menor e seguramente mantém o desempenho do sistema de banda base inalterado quando a extensão da dispersão do canal é maior na premissa de satisfazer as especificações do protocolo EDGE.

**[052]** A vista esquemática básica do modelo de canal no sistema de comunicação móvel do método da presente invenção é demonstrado na Figura 1, em que os dados recebidos pelo receptor da banda base são transmitidos de modo sem-fio: primeiramente, o módulo de demodulação executa a demodulação nos sinais I e Q recebida da banda base, após a desintercalação, o resultado demodulado é emitido então ao módulo de decodificação de canal onde a decodificação do canal é executada. No modelo de canal do sistema de comunicação, o módulo de demodulação é posicionado na parte dianteira do receptor. Percebe-se assim que o desempenho de todo sistema de comunicação móvel depende diretamente daquele da desmodulação.

**[053]** A Figura 2 mostra o formato de dados de sinais de I e Q sob a taxa de amostragem multi-periódica recebida pela banda base no método da presente invenção. Como mostrado na Figura 2, há pontos de amostragem N em um período de símbolo nos sinais recebidos pelo terminal de recepção, isto é  $T = N \times T_s$ , em que  $T_s$  é período de amostragem. O valor de N relaciona-se ao sistema efetivo, e geralmente, N poderia ser 1, 2, 4 ou 8.

**[054]** A Figura 3 mostra a estrutura para realizar a demodulação e equalização adaptável 8PSK no método da presente invenção, compreendendo: módulo de contra-rotação de sinal, módulo para estimativa de parâmetro de canal, módulo para determinação do avanço de tempo do sinal, módulo para determinação da extensão da dispersão do canal, módulo para sincronização e subamostragem do sinal, módulo de subamostragem e

sincronização do parâmetro estimado de canal, módulo de filtro ajustado de depuração e o módulo de demodulação e equalização adaptável e módulo de demodulação adaptável e assim por diante.

**[055]** O método de demodulação e equalização adaptável 8PSK no sistema EDGE da presente invenção compreende as seguintes etapas:

**[056]** 1. contra-rotacionar os sinais I e Q recebidos sob a taxa de amostragem multi-periódica;

**[057]** 2. executar a correlação móvel de execução aos sinais contra-rotacionados e obter o parâmetro estimado de canal sob a taxa de amostragem multi-periódica;

**[058]** 3. executar a estimativa conjunta de acordo com o parâmetro estimado de canal, e determinar o avanço do tempo do sinal e da extensão de dispersão efetiva do canal  $K_d$  simultaneamente pela sincronização comum e pela sincronização exata;

**[059]** 4. executar a sincronização e subamostragem para os sinais contra-rotacionados e, nesse ínterim, executar a sincronização e subamostragem para o parâmetro estimado de canal com base no avanço do tempo do sinal;

**[060]** 5. executar o filtro ajustado depurador para os sinais subamostrados e sincronizados, em que o parâmetro de entrada do filtro ajustado depurador é o parâmetro estimado de canal sincronizado e subamostrado;

**[061]** 6. enviar o sinal filtrado ajustado de depuração para o demodulador e equalizador adaptável. Executar a desmodulação e equalização adaptável 8PSK por meio do estado reduzido de acordo com regras predeterminadas com base na extensão de dispersão efetiva do canal  $K_d$ .

**[062]** Na etapa 3 de determinação do avanço de tempo e a extensão da dispersão do canal pela estimativa conjunta no método da presente invenção, há duas etapas, quais sejam sincronização comum e sincronização exata.

**[063]** Onde a sincronização comum produz o valor de cálculo comum do tempo de avanço e o valor estimado da extensão de dispersão do canal, enquanto a sincronização exata produz o valor de cálculo exato de avanço do

tempo.

**[064]** A sincronização comum no método compreende as seguintes etapas:

**[065]** 1. iniciar o tamanho da janela de procura  $Window\_Size$  para ser  $2N$ , onde  $N$  é o número do ponto de amostragem dentro de um período símbolo;

**[066]** 2. iniciar a posição símbolo  $i$  onde a procura inicia, que é geralmente a primeira posição do símbolo do parâmetro estimado de canal. Iniciar uma série de parâmetros: a soma da energia máxima dentro do escopo de procura  $En\_Max=0$ , a posição que corresponde à soma da energia máxima  $TA\_Max=0$ , a segunda soma da energia máxima no escopo de pesquisa  $En\_Sec\_Max=0$  e a posição correspondente  $TA\_Sec\_Max=0$ ;

**[067]** 3. no escopo de procura de símbolo  $[0, N_h-1]$ , procurar a soma da energia máxima do parâmetro estimado de canal  $En\_Max$  pela tomada da atual  $Window\_Size$  como tamanho da janela, registrar a posição de seu ponto de amostragem  $TA\_Max$ ; e ao mesmo tempo, procurar a segunda soma da energia máxima do parâmetro estimado de canal  $En\_Sec\_Max$  e sua posição correspondente  $TA\_Sec\_Max$ ;

**[068]** 4. julgar se qualquer uma das condições  $En\_Max/En\_Sec\_Max > threshold$  e  $Window\_Size = 6N$  está satisfeita; se não está satisfeita, amplia-se o tamanho da janela  $Window\_Size$  à  $Window\_Size + N$  e segue-se à etapa 2, repetindo o processo até que seja satisfatório; se for satisfatório, armazenar  $TA\_Max$  como valor estimado comum do avanço de tempo  $TA\_Coarse$ , ao mesmo tempo, determinar a extensão de dispersão do canal  $K_d = Window\_Size / N$ .

**[069]** A sincronização exata no método da presente invenção compreende as seguintes etapas:

**[070]** 1. iniciar o tamanho da janela de procura  $Window\_Size = K_d \times N$ ;

**[071]** 2. procurar a soma da energia máxima do parâmetro estimado de canal no escopo de procura do ponto de amostragem  $[(TA\_Coarse-1) \times N + 1, TA\_Coarse \times N]$  e registrar a posição de seu ponto de amostragem correspondente  $TA\_Max$  ao mesmo tempo;

**[072]** 3. armazenar a posição de ponto de amostragem que corresponde à soma da energia máxima como resultado final da sincronização exata, isto é  $\text{Timing\_Advance} = \text{TA\_Max}$ .

**[073]** Nas etapas da presente invenção, as regras predeterminadas podem ser usadas para adaptativamente executar a equalização e demodulação 8PSK por meio do estado reduzido das regras. A entrada das regras é a extensão efetiva da dispersão do canal  $K_d$ , o resultado disso encontra-se na ordem do canal  $\mu$  e do número do estado em cada ordem  $N_{\text{state}}=\{N[1],N[2],\dots,N[\mu]\}$ . Em que o valor de  $K_d$  é  $2 \leq K_d \leq 6$ , o valor de  $\mu$  é  $2 \leq \mu \leq K_d$ . As regras são:

**[074]** 1. quando  $K_d=2$ , então  $\mu=2$  e  $N_{\text{state}}=\{N[1]=8, N[2]=1\}$ ;

**[075]** 2. quando  $K_d=3$ , então  $\mu=3$  e  $N_{\text{state}}=\{N[1]=4, N[2]=2, N[3]=1\}$ ;

**[076]** 3. quando  $K_d=4$ , então  $\mu=4$  e  $N_{\text{state}}=\{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1\}$ ;

**[077]** 4. quando  $K_d=5$ , então  $\mu=4$  e  $N_{\text{state}}=\{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1\}$ ;

**[078]** 5. quando  $K_d=6$ , então  $\mu=5$  e  $N_{\text{state}}=\{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1, N[5]=1\}$ ;

**[079]** Para o sinal de recepção no método da presente invenção, o modelo do sinal pode ser representado como segue:

$$\mathbf{[080]} \quad \tilde{y}_i(k) = \sum_{p=0}^{L-1} f_i(p) \cdot x(k-p) + n_i(k)$$

**[081]** Onde  $\tilde{y}_i(k)$  é o sinal de recepção.  $k$  é a posição do ponto do símbolo,  $i$  é a posição do ponto de amostragem e  $1 \leq i \leq N$ .  $x(k)$  é o sinal de envio,  $f_i(k)$  é o parâmetro de canal sintetizado, e  $n_i(k)$  é ruído.

**[082]** O terminal de entrada do módulo de contra-rotação do sinal é conectado com o terminal de saída de amostragem de sinal do terminal receptor, o módulo de contra-rotação do sinal é usado para executar a rotação  $e^{-j3\pi k/8}$  ao sinal 8PSK obtido pela amostragem e produzir o sinal contra-rotacionado ao módulo de estimativa do parâmetro de canal e ao módulo de subamostragem.

**[083]** A fórmula de cálculo é:

$$\mathbf{[084]} \quad \hat{y}_i(k) = \tilde{y}_i(k) \cdot e^{-j3\pi k/8}$$

**[085]** Em que  $\hat{y}_i(k)$  é o sinal contra-rotacionado.

**[086]** O módulo de estimativa do parâmetro de canal é usado para ser executado em relação à sequência de instrução de entrada e o sinal contra-rotacionado a fim de obter o parâmetro estimado de canal e produzir o parâmetro estimado de canal obtido para o módulo de determinação do avanço de tempo de sinal, o módulo de determinação da extensão de dispersão do canal, e ao módulo de subamostragem e sincronização de parâmetro estimado de canal. A fórmula de cálculo é:

$$\mathbf{[087]} \quad \hat{h}_i(k) = \frac{1}{L_h} \sum_{p=0}^{L_h-1} \hat{y}_i(p) \cdot a(k+p)$$

**[088]** Onde  $\hat{h}_i(k)$  é o parâmetro estimado de canal, o escopo de  $k$  é  $[0, N_h-1]$ , e  $N_h$  é a extensão da procura, que na realidade pode ser o valor aproximado de  $3L$ .  $a(k)$  é a sequência de instrução e  $L_h$  é a extensão requerida para estimar o parâmetro de canal, que é geralmente menor do que a extensão da sequência de instrução.

**[089]** Ao obter o parâmetro estimado de canal, a sincronização comum e a sincronização exata são usadas na presente invenção para executar a estimativa conjunta do avanço de atraso de tempo do sinal e da extensão da dispersão do canal. Ambas as entradas do módulo de determinação para o avanço de tempo do sinal e as entradas do módulo de determinação da extensão de dispersão de canal são os parâmetros estimados de canal, enquanto que as suas saídas são, respectivamente, o avanço de tempo do sinal  $Timing\_Advance$  e a extensão de dispersão de canal  $K_d$ .

**[090]** As Figuras 5, 6a e 6b mostram as etapas em detalhes. O avanço de tempo do sinal é produzido para o módulo de subamostragem e sincronização de sinal e ao módulo de subamostragem e sincronização de parâmetro estimado de canal, enquanto que a extensão de dispersão do canal é produzida para o módulo de filtro ajustado depurador. Onde o avanço estimado do tempo do sinal pode ser representado como:

$$\mathbf{[091]} \quad Timing\_Advance = k_{TA} \times N + \tau$$

**[092]** Onde o  $k_{TA}$  é o índice do símbolo de avanço do tempo, e  $\tau$  é o índice

do ponto de amostragem de avanço do tempo.

**[093]** O módulo de subamostragem e de sincronização do sinal executa a subamostragem e a sincronização dos sinais contra-rotacionados de acordo com o avanço do tempo do sinal. O sinal de sincronização e subamostragem é produzido para o módulo de filtragem ajustada de depuração. A fórmula de cálculo é:

$$\mathbf{[094]} \quad y(k) = \hat{y}_\tau(k + k_{TA})$$

**[095]** Onde  $y(k)$  é o sinal subamostrado e sincronizado. Percebe-se assim que o sinal subamostrado faz com que haja somente um ponto de amostragem em uma posição de símbolo.

**[096]** O módulo de subamostragem e sincronização de parâmetro estimado de canal executa a sincronização e subamostragem do valor de estimativa de canal de parâmetro de acordo com o avanço de tempo do sinal. O valor estimado de sincronização e subamostragem de parâmetro de canal é produzido para o módulo de filtro ajustado de depuração. A fórmula de cálculo é:

$$\mathbf{[097]} \quad h(k) = h_\tau(k + k_{TA})$$

**[098]** Em que  $h(k)$  é o valor de estimativa do parâmetro de canal sincronizado e subamostrado.

**[099]** A entrada do módulo de filtro ajustado depurador é o sinal sincronizado e subamostrado e o parâmetro estimado do canal, enquanto que as suas saídas são o parâmetro de canal e o sinal filtrado ajustado de depurador. Há diversos métodos para executar o filtro ajustado depurador. O método na patente de número 6862326 com o título "Whitening Matched Filter for Use in a Communications Receiver" pode ser usado, por exemplo o método da Cepstral Transformation é usado para conseguir a informação do filtro de fase mínima, e o sinal filtrado depurado é então obtido por meio do filtro. Após o filtro depurador, o sinal de saída é  $z(k)$ , e a saída de resposta de impacto do canal da fase mínima é  $h_{\min}(k)$ .

**[0100]** Com base na extensão de dispersão efetiva do canal  $K_d$ , o módulo de

demodulação e equalização adaptável procura pela sequência de máxima probabilidade de acordo com regras predeterminadas usando o sinal filtrado ajustado de depuração na saída e o parâmetro estimado de canal para obter o valor de bit final.

**[0101]** A entrada das regras predeterminadas é a própria extensão de dispersão de canal  $K_d$ , a saída disso é a ordem do canal  $\mu$  e do número de estado em cada ordem  $N_{state}=\{N[1],N[2]...N[\mu]\}$ , em que  $K_d$  é  $2 \leq K_d \leq 6$  e  $\mu$  é  $2 \leq \mu \leq K_d$ . As regras são:

**[0102]** quando  $K_d=2$ , então  $\mu=2$  e  $N_{state} = \{N[1]=8, N[2]=1\}$ ;

**[0103]** quando  $K_d=3$ , então  $\mu=3$  e  $N_{state} = \{N[1]=4, N[2]=2, N[3]=1\}$ ;

**[0104]** quando  $K_d=4$ , então  $\mu=4$  e  $N_{state} = \{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1\}$ ;

**[0105]** quando  $K_d=5$ , então  $\mu=4$  e  $N_{state} = \{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1\}$ ;

**[0106]** quando  $K_d=6$ , então  $\mu=5$  e  $N_{state} = \{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1, N[5]=1\}$ ;

**[0107]** A Figura 4 é um fluxograma que mostra a realização da estimativa conjunta do avanço de tempo de sinal e a sincronização comum na extensão de dispersão para o canal no método da presente invenção. As etapas da realização detalhadas são:

**[0108]** 1. iniciar o tamanho da janela de procura  $Window\_Size$  para ser  $2N$ , onde  $N$  é o número de pontos de amostragem dentro de um período símbolo;

**[0109]** 2. iniciar a posição símbolo  $i$  onde a procura se inicia, que é geralmente a primeira posição símbolo do parâmetro estimado de canal. Iniciar uma série de parâmetros: iniciar a soma da energia máxima no escopo de procura  $En\_Max=0$ , a posição que corresponde à soma da energia máxima  $TA\_Max=0$ , a segunda soma da energia máxima no escopo de procura  $En\_Sec\_Max=0$  e sua posição correspondente  $TA\_Sec\_Max=0$ ;

**[0110]** 3. calcular a soma da energia  $En\_Win$  do valor estimado do parâmetro de sinal no tamanho da presente janela de procura  $Win\_Size$ . A fórmula de cálculo é:

$$\mathbf{[0111]} \quad En\_Win = \sum_{k=k}^{k+Window\_Size-1} \sum_{i=1}^N |h_i(k)|^2$$

**[0112]** 4. julgar se  $En\_Win$  é maior do que  $En\_Max$ , se positivo, se estabelece  $En\_Max=En\_Win$ , armazenando a posição de início do presente símbolo de procura  $TA\_Max=i$ , e ao mesmo tempo, atualizando a segunda soma da energia máxima  $En\_Sec\_Max=En\_Max$  e sua posição  $TA\_Sec\_Max=TA\_Max$ ;

**[0113]** 5. se  $En\_Win < En\_Max$ , continuar a julgar se é maior do que  $En\_Sec\_Max$ , se positivo, estabelecer  $En\_Sec\_Max=En\_Win$  armazenando a posição atual do símbolo de procura;

**[0114]** 6. julgar se  $i$  é maior do que a extensão de procura  $N_h$ , e se esta condição não for satisfeita, troca-se a posição do símbolo  $i$  onde a procura inicia a realizar  $i=i+1$ , saltando para a etapa 3; se esta condição é satisfeita, segue-se então à etapa 7;

**[0115]** 7. julgar se qualquer uma das condições  $En\_Max/En\_Sec\_Max > threshold$  e  $Window\_Size=6N$  é satisfeita; se não é satisfeita, amplia-se o tamanho da janela  $Window\_Size$  para tornar  $Window\_Size = Window\_Size+N$  e segue-se à etapa 2; se é satisfeita, segue-se à etapa 8;

**[0116]** 8. armazenar  $TA\_Max$  como valor de cálculo comum  $TA\_Coarse$  de avanço do tempo, determinando a extensão da dispersão do canal  $K_d=Window\_Size/N$  ao mesmo tempo.

**[0117]** A Figura 5 é um fluxograma que mostra a sincronização exata na estimativa conjunta do tempo de avanço do sinal e da extensão de dispersão do canal no método da presente invenção, onde a sincronização exata procura principalmente pela soma da energia máxima do parâmetro estimado de canal em todos os pontos de amostragem nas posições de símbolo  $TA\_Coarse$  e  $TA\_Coarse-1$ .

**[0118]** A diferença entre a sincronização comum e a sincronização exata está no fato de que a sincronização comum toma o símbolo como uma extensão da etapa de procura de sincronização, enquanto que a sincronização exata toma o ponto de amostragem como extensão da etapa de procura de sincronização. A sincronização exata compreende as seguintes etapas:

**[0119]** 1. iniciar o tamanho da janela de procura  $Window\_Size = K_d \times N$ ;

**[0120]** 2. iniciar a posição inicial onde a procura do ponto amostrado começa  $j = (TA\_Coarse-1) \times N + 1$ , a soma da energia máxima no escopo da procura  $En\_Max = 0$  e sua posição correspondente do ponto de amostragem  $TA\_Max=0$ ;

**[0121]** 3. calcular a soma da energia dos valores estimados do parâmetro de canal no tamanho da janela de busca  $En\_Win$ ; a fórmula de cálculo é:

$$\mathbf{[0122]} \quad En\_Win = \sum_{k=k}^{k+Window\_Size-1} \sum_{j=j}^{j+N-1} |\hat{h}_j(k)|^2$$

**[0123]** 4. julgar se  $En\_Win$  é maior do que  $En\_Max$ , se positivo, estabelecer  $En\_Max = En\_Win$  e armazenar a posição atual onde a procura do símbolo inicia  $TA\_Max=j$ ;

**[0124]** 5. julgar se  $j > TA\_Coarse \times N$ , se esta condição não é satisfeita, troca-se a posição  $j$  onde a procura do ponto de amostragem inicia a  $j=j+1$ , e saltar à etapa 3; se esta condição é satisfeita, segue-se à etapa 6;

**[0125]** 6. armazenar a posição do ponto de amostragem correspondente à soma da energia máxima como saída final da sincronização exata, por exemplo  $Timing\_Advance = TA\_Max$ .

**[0126]** As Figuras 6a e 6b são diagramas exemplificativos mostrando a sincronização comum e a sincronização exata no método da presente invenção. No exemplo da sincronização comum, por exemplo, na figura 6a, o tamanho da janela é  $Window\_Size=3N$ , a posição do símbolo é  $i$ . De acordo com as indicações da figura, a parte hachurada é o espaço da soma da energia do parâmetro estimado de canal que precisa ser calculado. Onde o tamanho da janela aumenta pela extensão da etapa  $N$  e adicionalmente, a escala de variação da posição do símbolo é  $[0, N_h-1]$ .

**[0127]** No exemplo da sincronização exata, segundo as indicações da figura 6b, o tamanho da janela é  $Window\_Size=4N$ , a posição do ponto de amostragem é  $j=2$ . De acordo com as indicações da figura, a parte hachurada é o espaço da soma da energia do parâmetro de canal estimado que precisa

ser calculado. Ao contrário da sincronização comum, a sincronização exata toma o ponto de amostragem como extensão da etapa da procura de sincronização, onde a escala de variação da posição do ponto de amostragem é  $[(TA\_Coarse-1) \times N + 1, TA\_Coarse \times N]$ .

**[0128]** A Figura 7 é uma vista esquemática que mostra a divisão dos subconjuntos 8PSK no método da presente invenção. O objetivo da separação dos subconjuntos é dividir os sinais 8PSK de modo que componham um estado com um número menor e crie um diagrama Trellis de acordo com esse estado.

**[0129]** De acordo com as indicações da figura, quando o número do subconjunto é 2, 8PSK é dividido em dois subconjuntos, que são representados respectivamente pelo subconjunto 0 e o subconjunto 1, em que o subconjunto 0 compreende os símbolos 1, 3, 5 e 7, enquanto o subconjunto 1 compreende os símbolos 0, 2, 4 e 6. Do mesmo modo, quando o número do subconjunto é 4, 8PSK é dividido em 4 subconjuntos, em que o subconjunto 0 compreende os símbolos 1 e 5, o subconjunto 1 compreende os símbolos 3 e 7, o subconjunto 2 compreende os símbolos 0 e 4 e o subconjunto 3 compreende os símbolos 2 e 6.

**[0130]** De modo resumido, a presente invenção fornece um método de demodulação e equalização adaptável 8PSK no sistema EDGE, por exemplo, primeiramente, executa a estimativa conjunta de acordo com o parâmetro estimado, e determina o avanço de tempo do sinal e da extensão da dispersão do canal simultaneamente pela sincronização comum e pela sincronização exata, e executa a demodulação e equalização adaptável 8PSK por meio de estado reduzido de acordo com a regra predeterminada com base na extensão da dispersão.

**[0131]** Comparado com o método tradicional, a presente invenção melhora o desempenho do sistema de banda base quando a extensão de dispersão efetiva do canal é menor e seguramente mantém inalterável o desempenho do sistema de banda base quando a extensão da dispersão do canal for maior na premissa de satisfazer as especificações de protocolo do EDGE.

**[0132]** As incorporações da presente invenção são acima descritas em detalhes para permitir a qualquer técnico no assunto o uso dessa invenção. Qualquer modificação dessas incorporações seria óbvia para técnicos no assunto e o princípio geral aqui descrito pode ser aplicado a outras incorporações sem o uso de atividade inventiva. Conseqüentemente, a presente invenção não é limitada às incorporações aqui demonstradas e depende de maior escopo de acordo com o princípio e as novas características aqui divulgadas.

## **REIVINDICAÇÕES**

**01.** Método de demodulação adaptável 8PSK no sistema EDGE caracterizado por compreender as seguintes etapas de:

A) um módulo de contra-rotação de sinal contra-rotacionar os sinais recebidos I e Q sob taxas de amostragem multi-periódicas;

B) um módulo de estimativa de parâmetro de canal executar a movimentação relativa aos sinais contra-rotacionados e obter o parâmetro estimado de canal sob taxas de amostragem multi-periódicas;

C) executar a estimativa conjunta de acordo com o parâmetro estimado de canal, e determinar o avanço de tempo do sinal e da extensão de dispersão efetiva do canal simultaneamente por uma sincronização comum e por uma sincronização exata, onde a sincronização comum produz um valor estimado comum de avanço de tempo e o valor estimado da extensão de dispersão de canal, e a sincronização exata produz um valor estimado exato do avanço do tempo;

D) executar a sincronização e subamostragem dos sinais contra-rotacionados e, nesse ínterim, executar a sincronização e subamostragem do parâmetro estimado de canal com base no avanço de tempo do sinal;

E) executar o filtro ajustado depurador aos sinais sincronizados e subamostrados;

F) enviar o sinal filtro ajustado depurado a um demodulador adaptável, e executar a demodulação e equalização adaptável 8PSK por meio de estado reduzido de acordo com uma regra predeterminada com base na extensão de dispersão efetiva do canal.

**02.** Método de acordo com a reivindicação 01, caracterizado por a sincronização comum compreender as seguintes etapas de:

C11) iniciar o tamanho da janela de procura para ser  $2N$ , onde  $N$  é o número dos pontos de amostragem no período símbolo;

C12) iniciar a posição símbolo onde a procura começa, iniciando uma série de parâmetros: a soma da energia máxima no escopo de procura

En\_Max=0, a posição correspondente à soma da energia máxima TA\_Max=0, a segunda soma da energia máxima no escopo da procura En\_Sec\_Max=0 e seu posicionamento correspondente TA\_Sec\_Max=0;

C13) no escopo da procura do símbolo  $[0, N_h-1]$ , em que o  $N_h$  é a extensão de procura, procurar a soma da energia máxima do parâmetro estimado de canal En\_Max tomando o tamanho da janela atual de procura como o tamanho da janela, registrar a posição de seu ponto de amostragem TA\_Max; ao mesmo tempo, procurar a segunda soma da energia máxima do parâmetro estimado de canal En\_Sec\_Max e sua posição correspondente TA\_Sec\_Max;

C14) julgar se qualquer uma das condições En\_Max/En\_Sec\_Max é maior do que o ponto limiar e de que a janela de procura é  $6N$  estejam satisfeitas; se não estiverem satisfeitas, ampliar a extensão de etapa do tamanho da janela à  $N$  e seguir para a etapa C12; se estiverem satisfeitas, armazenar a posição de ponto da amostragem da soma da energia máxima atual como o valor estimado comum de avanço do tempo TA\_Coarse e, ao mesmo tempo, determinar que a extensão da dispersão do canal  $K_d$  seja igual ao tamanho da janela de procura atual window/ $N$ .

**03.** Método de acordo com a reivindicação 02, caracterizado por a sincronização exata compreender as seguintes etapas:

C21) iniciar o tamanho da janela de procura para ser  $K_d \times N$ ;

C22) procurar a soma da energia máxima do parâmetro estimado de canal no escopo de procura do ponto de amostragem  $[(TA\_Coarse-1) \times N+1, TA\_Coarse \times N]$ , e registrar a posição de seu ponto de amostragem correspondente;

C23) armazenar a posição de ponto da amostragem que corresponde à soma da energia máxima como saída final da sincronização exata.

**04.** Método de acordo com a reivindicação 03, caracterizado por a posição símbolo inicial onde a procura inicia é a posição do primeiro símbolo do parâmetro estimado de canal.

**05.** Método de acordo com a reivindicação 01, caracterizado por a entrada da regra ser a extensão de dispersão efetiva do canal  $K_d$ , e a sua saída ser o número de ordem do canal  $\mu$  e o número do estado em cada ordem  $N_{state}=\{N[1],N[2]...N[\mu]\}$ , onde  $K_d$  é um número natural e  $2\leq K_d\leq 6$ ,  $\mu$  é um número natural e  $2\leq\mu\leq K_d$ , e a regra é:

quando  $K_d=2$ , então  $\mu=2$  e  $N_{state}=\{N[1]=8, N[2]=1\}$ ;

quando  $K_d=3$ , então  $\mu=3$  e  $N_{state}=\{N[1]=4, N[2]=2, N[3]=1\}$ ;

quando  $K_d=4$ , então  $\mu=4$  e  $N_{state}=\{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1\}$ ;

quando  $K_d=5$ , então  $\mu=4$  e  $N_{state}=\{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1\}$ ;

quando  $K_d=6$ , então  $\mu=5$  e  $N_{state}=\{N[1]=2, N[2]=2, N[3]=2, N[4]=1, N[5]=1\}$ .

**06.** Método de acordo com a reivindicação 01, caracterizado por o parâmetro de entrada do filtro ajustado depurador ser o parâmetro de estimado canal sincronizado e subamostrado.

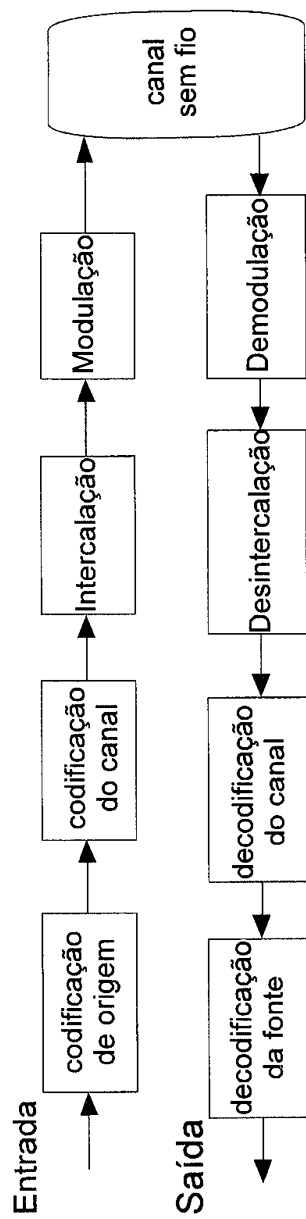


FIG. 1

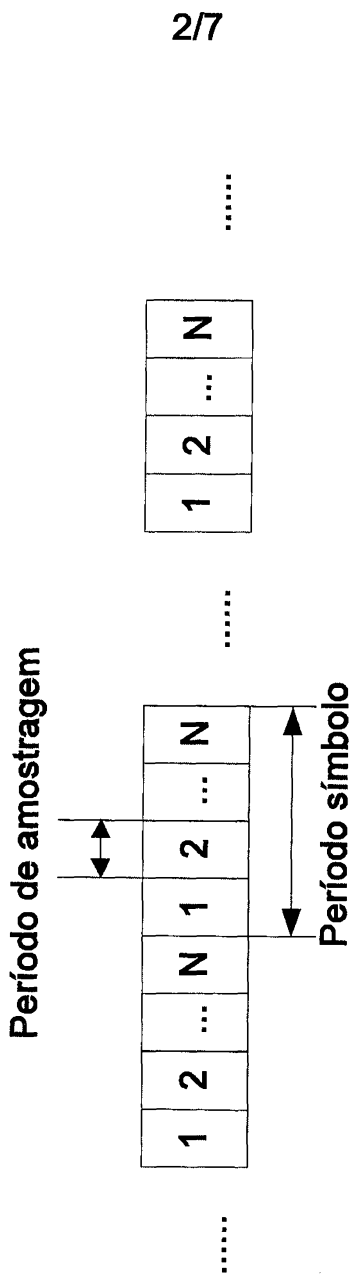


FIG. 2

3/7

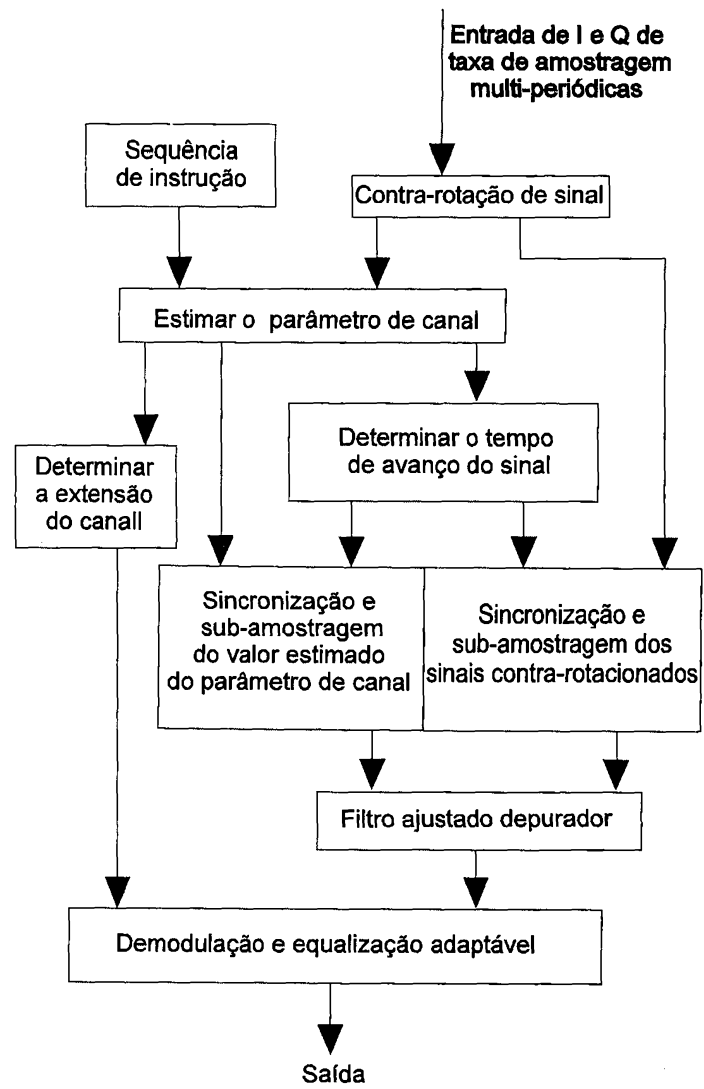


FIG. 3

Obs: Vide fl 75.

4/7

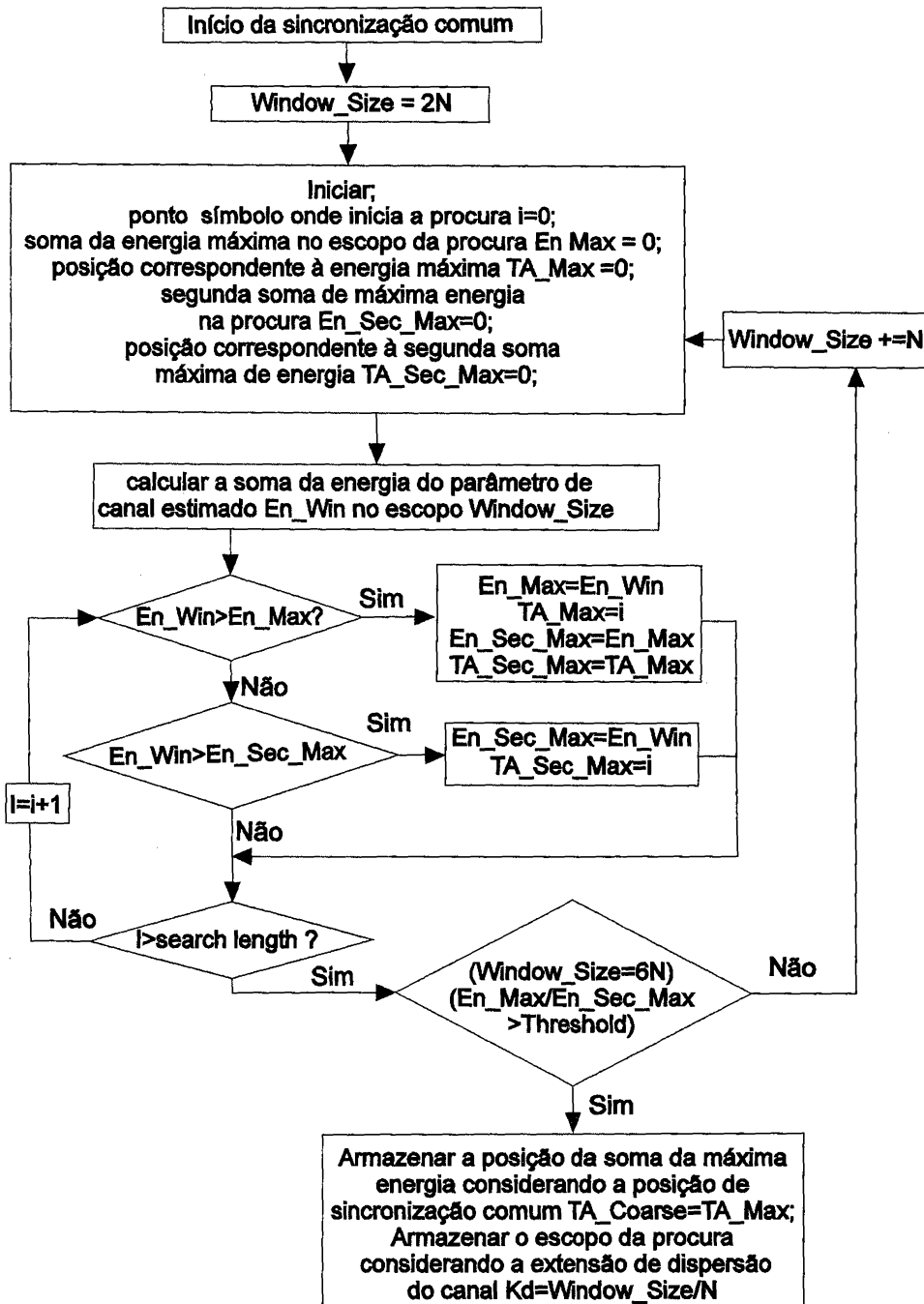


FIG. 4

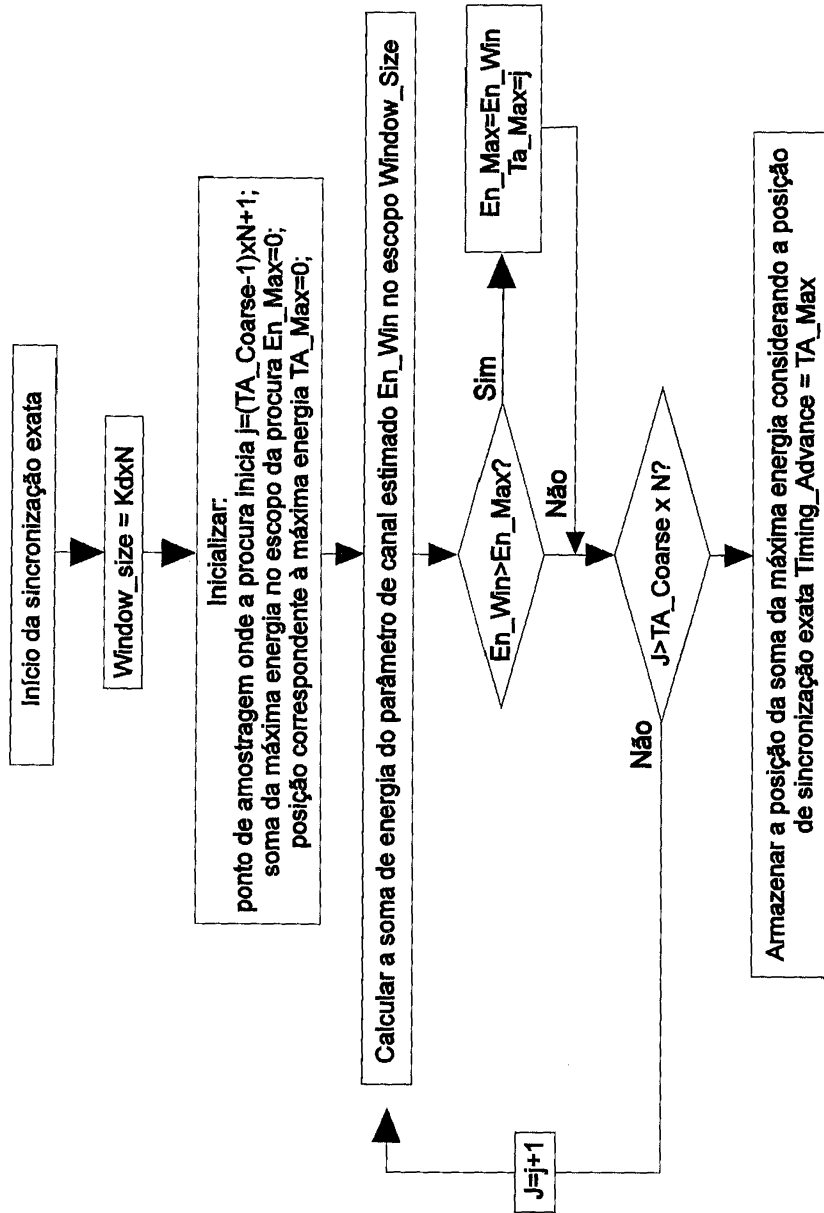


FIG. 5

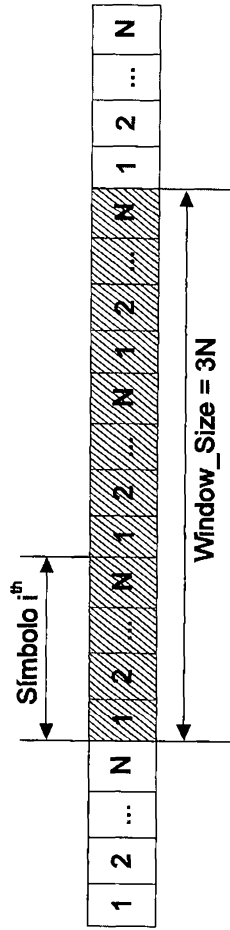


FIG. 6a

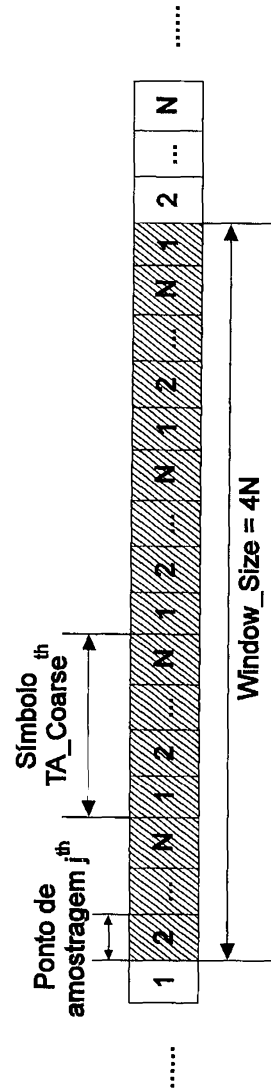


FIG. 6b

