



INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

(11) Número de Publicação: **PT 1097516 E**

(51) Classificação Internacional:

H03M 13/00 (2006.01) **H03M 13/29** (2006.01)

H03M 13/27 (2006.01)

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: **2000.05.19**

(30) Prioridade(s): **1999.05.19 KR 9918928**
1999.05.21 KR 9918560

(43) Data de publicação do pedido: **2001.05.09**

(45) Data e BPI da concessão: **2006.11.23**
001/2007

(73) Titular(es):

SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.
416 MAETAN-DONG, PALDAL-GU SUWON CITY,
KYUNGKI-DO 442-370 **KR**

(72) Inventor(es):

MIN-GOO KIM **KR**
YOUNG-HWAN LEE **KR**
BEONG-JO, SHINAN KIM **KR**
SOON-JAE, KYUNGNAM CHOI **KR**

(74) Mandatário:

PEDRO DA SILVA ALVES MOREIRA
RUA DO PATROCÍNIO, N.º 94 1350-232 LISBOA **PT**

(54) Epígrafe: **APARELHO E MÉTODO DE ENTRELAÇAMENTO TURBO**

(57) Resumo:

RESUMO

"APARELHO E MÉTODO DE ENTRELAÇAMENTO TURBO"

Apresenta-se um método de entrelaçamento bidimensional. O método compreende a divisão de uma trama de bits de informação de entrada em múltiplos grupos e o armazenamento, de modo sequencial, dos grupos divididos numa memória; a permutação dos bits de informação dos grupos de acordo com uma dada regra e o deslocamento de um bit de informação existente na última posição do último grupo para uma posição precedendo a última posição; e a selecção de grupos de acordo com uma ordem predeterminada, e a selecção de um dos bits de informação no grupo seleccionado.

DESCRIÇÃO

"APARELHO E MÉTODO DE ENTRELAÇAMENTO TURBO"

A presente invenção refere-se, de um modo geral, a um codificador turbo utilizado para sistemas de comunicações rádio (incluindo sistemas por satélite, ISDN, celulares digitais, W-CDMA e IMT-2000), e em particular a um entrelaçador interno de um codificador turbo.

De um modo geral, um entrelaçador utilizado para um codificador turbo dispõe por ordem aleatória um endereço de palavra de informação de entrada e melhora uma propriedade de distância de uma palavra de código. Em particular, decidiu-se que um turbo-código irá ser utilizado num canal suplementar (ou canal de transmissão de dados) de interfaces aéreas IMT-2000 (ou CDMA-2000) e IS-95C e num canal de dados de UMTS (Sistema Universal de Telecomunicações Móveis) proposto pelo ETSI (Instituto Europeu de Padronização de Telecomunicações). Deste modo e com esta finalidade, é necessário um método para concretizar um entrelaçador. Além disso, a invenção refere-se a um código de correcção de erros que afecta, grandemente, a melhoria do desempenho dos sistemas de comunicações digitais existentes e futuros.

No que se refere a um entrelaçador interno existente para um codificador turbo (doravante designado como um entrelaçador turbo), foram propostos vários entrelaçadores, tais como um entrelaçador aleatório PN (Pseudo Ruído), entrelaçador aleatório, entrelaçador de bloco, entrelaçador não linear, e

entrelaçador S-aleatório. No entanto, e até agora, estes entrelaçadores são simples algoritmos concebidos para melhorar os seus desempenhos mais em termos de pesquisas científicas do que de implementação. Por conseguinte, quando se implementa um sistema real, a complexidade de implementação do hardware deve ser tida em consideração. Irão agora descrever-se as propriedades e problemas associados com o entrelaçador convencional para o codificador turbo.

O desempenho do codificador turbo está dependente do seu entrelaçador interno. De um modo geral, um aumento no tamanho da trama de entrada (i. e. o número de bits de informação incluídos numa trama) intensifica a eficácia do codificador turbo. No entanto, um aumento no tamanho do entrelaçador dá origem a um aumento geométrico dos cálculos. Por conseguinte, de um modo geral, não é possível implementar o entrelaçador para o tamanho de trama grande.

Por conseguinte, em geral os entrelaçadores são implementados por condições de determinação que satisfaçam vários critérios dados. Os critérios são os seguintes.

Propriedade de Distância: A distância entre símbolos de palavras de código adjacentes deveria ser mantida até um certo ponto. Isto tem a mesma função que uma propriedade de distância de palavras de código do código convolucional, e, como o de critério que a indica, utiliza-se uma distância livre mínima que é um valor de um caminho de palavras de código ou uma sequência de palavras de código com o mínimo peso de *Hamming* a partir das sequências de símbolos de código (ou caminhos de palavra de código) à saída do *Trellis*. De um modo geral, é preferido que o

entrelaçador deva ser concebido de modo a ter, se possível, a distância livre mais comprida.

Propriedade Aleatória: Um factor de correlação entre símbolos de palavra de saída, depois do entrelaçamento, deve ser muito menor do que um factor de correlação entre símbolos de palavra de entrada originais antes do entrelaçamento. Ou seja, deve gerar-se, totalmente, um efeito aleatório entre os símbolos de palavra de saída. Isto tem um efeito directo na qualidade de informação extrínseca gerada na descodificação contínua.

Embora os critérios anteriores sejam aplicáveis a um entrelaçador turbo genérico, é difícil analisar claramente as propriedades quando o entrelaçador aumenta de tamanho.

Além disso, outro problema que ocorre quando se concebe o entrelaçador turbo reside no facto da distância livre mínima do turbo-código variar de acordo com o tipo de palavra de código de entrada. Ou seja, quando a palavra de informação de entrada tem uma sequência padrão específica definida como uma sequência padrão de informação crítica (CISP), a distância livre dos símbolos de código de saída, gerados pelo codificador turbo, possui um valor muito pequeno. Se a palavra de informação de entrada tem um peso de *Hamming* de 2, a CISP ocorre quando a palavra de informação de entrada tem dois bits de informação de valor '1' e também pode ocorrer quando a palavra de informação de entrada tem 3 ou mais bits de informação de valor '1'. No entanto, na maioria dos casos, quando a palavra de informação de entrada tem 2 bits de informação de valor '1', a distância livre mínima é formada e a maioria das ocorrências de erro aparece neste estado. Por conseguinte, quando se concebe o entrelaçador turbo, faz-se, de um modo geral, uma análise no caso em que a

palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 2. A razão de existência da CISP deve-se ao facto do codificador turbo utilizar, de um modo geral, codificadores RSC (Códigos Convolucionais Sistemáticos Recursivos) para os codificadores componentes mostrados na FIG. 1 (descritos posteriormente). Para melhorar o desempenho do codificador turbo, deveria utilizar-se um polinómio primitivo para um polinómio de realimentação ($gf(x)$ da FIG. 1) a partir dos polinómios geradores para o codificador componente. Por conseguinte, quando o número das memórias do codificador RSC é m , uma sequência de realimentação gerada pelo polinómio de realimentação repete, continuamente, o mesmo padrão com um período de $2^m - 1$. Por conseguinte, se se receber uma palavra de informação de entrada de valor '1' no instante correspondente a este período, os mesmos bits de informação são sujeitos a uma disjunção exclusiva (exclusivo-OR), para que o estado do codificador RSC se torne, daqui em diante, um estado composto exclusivamente por zeros, gerando, desse modo, todos os símbolos de saída com valor 0. Isto significa que o peso de *Hamming* da palavra de código gerada pelo codificador RSC tem um valor constante depois desta ocorrência. Ou seja, a distância livre do turbo-código é mantida depois deste tempo, e a CISP torna-se uma causa principal de uma redução na distância livre do codificador turbo, quando, de facto, como observado anteriormente, é desejável uma maior distância livre.

Neste caso (na técnica anterior do entrelaçador turbo), para aumentar a distância livre, o entrelaçador turbo dispersa de forma aleatória a palavra de informação de entrada CISP de modo a impedir uma diminuição na distância livre no símbolo de saída do outro codificador RSC componente.

As propriedades supracitadas são características fundamentais do codificador turbo conhecido. No entanto, no que se refere à CISP, é convencional que a palavra de informação tenha o peso de *Hamming* mínimo, quando a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 2. Por outras palavras, o facto da CISP poder ser gerada mesmo quando a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 1 (i. e. quando a palavra de informação de entrada tem um bit de informação de valor '1') não foi tido em conta, quando a palavra de informação introduzida no codificador turbo tinha o tipo de um bloco compreendido por tramas.

Por exemplo, um entrelaçador (PIL) *Prime* (Entrelaçador interno para codificação turbo) designado como o modelo de trabalho do entrelaçador de turbo-código especificado pela presente norma UTMS apresenta estes problemas, tendo, deste modo, uma propriedade de distância livre degradada. Ou seja, o algoritmo de implementação do entrelaçador turbo de modelo PIL inclui 3 fases, das quais a segunda fase, que tem a função mais importante, executa uma permutação aleatória sobre os bits de informação dos respectivos grupos. A segunda fase está dividida em três casos, Caso A, Caso B e Caso C, e o Caso B abrange sempre o caso em que a distância livre é diminuída devido à ocorrência em que a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 1. Além disso, mesmo o Caso C abrange a possibilidade dessa ocorrência ir ter lugar. Os problemas pormenorizados irão ser descritos posteriormente quando se faz referência ao PIL.

Em conclusão, quando se exigem vários tamanhos de entrelaçador e a complexidade de implementação de hardware é limitada no sistema IMT-2000 ou UMTS, o entrelaçador turbo

deveria ser concebido para garantir um desempenho óptimo do entrelaçador tendo em consideração as limitações. Ou seja, o entrelaçador exigido deveria estar apto a garantir um desempenho uniforme para os vários tamanhos de entrelaçamento, ao mesmo tempo que satisfaz as propriedades supracitadas. Mais recentemente, foram propostos vários tipos de entrelaçadores para um entrelaçador turbo PCCC (Códigos Convolucionais Concatenados em Paralelo), e foi decidido utilizar, provisoriamente, um entrelaçador turbo LCS (Sequência Congruencial Linear) como o entrelaçador turbo para as especificações IMT-2000 (ou CDMA-2000) e IS-95C. No entanto, a maioria destes entrelaçadores turbo têm os problemas da CSIP com o peso de *Hamming* de 1, e os pormenores de implementação destes entrelaçadores turbo ainda não estão definidos. Por conseguinte, a presente invenção propõe uma solução para os problemas dos entrelaçadores turbo, e um novo método de implementação do entrelaçador turbo. Além disso, a invenção mostra o entrelaçador PIL que é uma hipótese de trabalho do entrelaçador turbo UMTS e propõe uma solução deste problema do entrelaçador.

Em resumo, a técnica anterior tem as seguintes desvantagens.

(1) O entrelaçador turbo é concebido para o tamanho de trama infinito com base na CISP para a qual a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 2, sem considerar o facto de que a determinação da CISP de acordo com o tipo de palavra de informação de entrada está limitada ao tamanho da trama. No entanto, num sistema real, a trama tem um tamanho finito, o que dá origem, deste modo, a uma diminuição na distância livre do turbo-código.

(2) Ao conceber o entrelaçador turbo existente, o facto da palavra de informação de entrada poder ter um peso de *Hamming* de 1 não foi considerado. Por outras palavras, para o tamanho de trama finito, a regra de concepção do entrelaçador turbo deveria ser determinada tendo em conta o facto da distância livre mínima gerada no codificador turbo PCCC ser determinada pela CISP com o peso de *Hamming* de 1. No entanto, isto não foi completamente tido em conta para os entrelaçadores turbo existentes.

(3) O entrelaçador (PIL) *Prime* designado como a hipótese de trabalho do entrelaçador de turbo-código definida pela especificação UTMS abrange estes problemas, tendo, deste modo, um desempenho degradado da distância livre.

S. Dolinar *et al.*, "Weight Distributions for Turbo Codes Using Random and Nonrandom Permutations", TDA Progress Report 42-122, páginas 56 a 65, 15/08/1995 é uma publicação que discute as distribuições de peso atingíveis para turbo-códigos utilizando permutações aleatórias, permutações concebidas, tais como permutações não aleatórias com base em entrelaçamento de bloco ou em deslocamento circular e permutações semialeatórias. O documento diz ainda que, devido à capacidade de divagação dos codificadores, é importante distinguir entre sequências de entrada auto-terminadoras e não auto-terminadoras.

O documento TS25.212 V1.0.0 (1999-04) é uma especificação técnica do Grupo de Especificações Técnicas para Rede de Acesso via Rádio (RAN WG1) que se refere à multiplexagem e codificação de canais. Neste método de entrelaçamento, escrevem-se K dados numa matriz $R \times C$, em que o entrelaçamento comporta um entrelaçamento intra linha, depois um entrelaçamento inter linhas, seguindo-se uma leitura coluna a coluna da matriz. Esta

especificação técnica também se refere a codificação turbo e, deste modo, a entrelaçamento. Os pormenores desta especificação irão ser descritos posteriormente em contexto com as características da presente invenção.

É, por conseguinte, um objectivo da presente invenção proporcionar um dispositivo e método de entrelaçamento considerando as propriedades de um entrelaçador turbo e uma propriedade de uma sequência-padrão de informação crítica (CISP) que melhore o desempenho da distância livre do entrelaçador turbo.

O problema é resolvido no texto das reivindicações independentes. As formas de realização preferidas estão contidas no texto das reivindicações dependentes.

É um aspecto da presente invenção proporcionar um dispositivo e método de entrelaçamento para melhorar o desempenho da distância livre de um turbo-código para o caso em que uma palavra de informação de entrada tem um peso de *Hamming* de 1, quando a entrada de uma palavra de informação num entrelaçador turbo tem um tipo de bloco compreendido por tramas.

É ainda um aspecto da presente invenção proporcionar um dispositivo e método de entrelaçamento para resolver o problema da diminuição da distância livre quando uma palavra de informação de entrada tem um peso de *Hamming* de 1 num entrelaçador (PIL) *Prime* que é o entrelaçador turbo especificado na especificação UTMS.

Para obter os aspectos anteriores, proporciona-se um método de entrelaçamento bidimensional compreendendo a divisão de uma

trama de bits de informação de entrada em múltiplos grupos e o armazenamento sequencial dos grupos divididos numa memória; a permutação dos bits de informação dos grupos de acordo com uma dada regra e o deslocamento de um bit de informação existente na última posição do último grupo para uma posição precedendo a última posição; e a selecção dos grupos de acordo com uma ordem predeterminada, e a selecção de um dos bits de informação no grupo seleccionado.

Os aspectos, características e vantagens anteriores, e outros, da presente invenção irão ser mais evidentes a partir da descrição pormenorizada que se segue quando feita em associação com os desenhos em anexo, nos quais:

A FIG. 1 é um diagrama que ilustra um codificador turbo paralelo genérico;

A FIG. 2 é um diagrama que ilustra um entrelaçador genérico;

A FIG. 3 é um diagrama que ilustra um desentrelaçador genérico;

A FIG. 4 é um diagrama que ilustra um método de geração de uma sequência-padrão de informação crítica (CISP) num entrelaçador turbo;

A FIG. 5 é um diagrama que ilustra outro método de geração da CISP num entrelaçador turbo;

A FIG. 6 é um diagrama que ilustra um método de resolução de um problema que ocorre quando se gera a CISP da FIG. 4;

A FIG. 7 é um diagrama que ilustra um método de resolução de um problema que ocorre quando se gera a CISP da FIG. 5;

A FIG. 8 é um diagrama que ilustra outro método de resolução de um problema que ocorre quando se gera a CISP no entrelaçador turbo;

A FIG. 9 é um diagrama que ilustra um método de geração da CISP num entrelaçador turbo bidimensional;

A FIG. 10 é um diagrama que ilustra um método de resolução de um problema que ocorre quando se gera a CISP da FIG. 7;

A FIG. 11 é um diagrama de blocos que ilustra um dispositivo de entrelaçamento destinado a suprimir a CISP de acordo com uma forma de realização da presente invenção; e

A FIG. 12 é um fluxograma destinado a explicar um processo de entrelaçamento de um PIL (Entrelaçador *Prime*) modificado de acordo com uma forma de realização da presente invenção.

Uma forma de realização preferida da presente invenção irá ser aqui descrita fazendo-se referência aos desenhos em anexo. Na descrição que se segue, funções ou construções bem conhecidas não são descritas em pormenor dado que iriam obscurecer a invenção com pormenores desnecessários.

Antes de descrever a invenção, o documento irá apresentar os problemas que ocorrem quando uma palavra de informação de entrada, que é um dos critérios de concepção utilizado no entrelaçador/desentrelaçador turbo existente, é processada numa

base de unidade de trama e, em seguida, analisa-se uma influência que a CISP com um peso de *Hamming* de 1 tem no peso de *Hamming* dos símbolos de código de saída. Em seguida, o documento irá propor um método de resolução de problemas e verificar a diferença de desempenho através da análise da distância livre mínima.

A FIG. 1 mostra uma estrutura de um codificador turbo paralelo genérico, que é apresentado em pormenor na patente US N° 5446747, emitida em 29 de Agosto de 1995, que é aqui incorporada por uma questão de referência.

No que se refere à FIG. 1, o codificador turbo inclui um primeiro codificador 111 componente para codificar dados de trama de entrada, um entrelaçador 112 para entrelaçar os dados de trama de entrada, e um segundo codificador 113 componente para codificar uma saída do entrelaçador 112. Utiliza-se, tipicamente, um codificador RSC (CÓDIGOS Convolucionais Sistemáticos Recursivos) conhecido para o primeiro e segundo codificadores 111 e 113 componentes. Doravante, o primeiro codificador 111 componente RSC irá ser designado por RSC1 e o segundo codificador 113 componente RSC irá ser designado por RSC2. Além disso, o entrelaçador 112 tem o mesmo tamanho que a trama de bits de informação de entrada e reconfigura a sequência dos bits de informação fornecidos ao segundo codificador 113 componente para reduzir uma correlação entre os bits de informação.

As FIGS. 2 e 3 mostram, respectivamente, estruturas fundamentais do entrelaçador e desentrelaçador genéricos.

No que se refere à FIG. 2, irá ser descrito um entrelaçador para entrelaçar os dados de trama emitidos pelo primeiro codificador componente. Um gerador 211 de endereços gera um endereço lido para alterar a sequência de bits de dados de entrada de acordo com um tamanho L de dados de trama de entrada e um relógio de entrada, e fornece o endereço lido gerado a uma memória 212 de entrelaçador. A memória 212 de entrelaçador armazena, sequencialmente, dados de entrada num modo de operação de escrita, e emite os dados armazenados de acordo com o endereço lido fornecido pelo gerador 211 de endereços num modo de operação de leitura. Um contador 213 conta o relógio de entrada e fornece o valor de contagem do relógio à memória 212 de entrelaçador na forma de um endereço escrito. Como descrito anteriormente, o entrelaçador armazena, sequencialmente, os dados de entrada na memória 212 de entrelaçador no modo de operação de escrita, e emite os dados armazenados na memória 212 de entrelaçador de acordo com o endereço lido fornecido pelo gerador 211 de endereços no modo de operação de leitura. Em alternativa, também é possível alterar a sequência dos bits de dados de entrada antes de os armazenar na memória de entrelaçador no modo de operação de escrita e ler, sequencialmente, os dados armazenados no modo de operação de leitura.

No que se refere à FIG. 3, irá descrever-se um desentrelaçador. Um gerador 311 de endereços gera um endereço escrito para recuperar a sequência de bits de dados de entrada para a sequência original de acordo com um tamanho L de dados de trama de entrada e um relógio de entrada, e fornece o endereço escrito gerado à memória 312 de desentrelaçador. A memória 312 de desentrelaçador armazena dados de entrada de acordo com o endereço escrito fornecido pelo gerador 311 de endereços no modo

de operação de escrita, e emite, sequencialmente, os dados armazenados no modo de operação de leitura. Um contador 313 conta o relógio de entrada e fornece o valor de contagem do relógio à memória 312 de desentrelaçador na forma de um endereço lido. Como descrito anteriormente, o desentrelaçador tem a mesma estrutura que o entrelaçador mas efectua a operação inversa do entrelaçador. O desentrelaçador só é diferente do entrelaçador pelo facto dos dados de entrada terem sequências diferentes, quer no modo de leitura quer no de escrita. Por conseguinte, por uma questão de conveniência, a descrição que se segue irá ser feita no que se refere apenas ao entrelaçador.

De um modo geral, dado que o turbo-código é um código de bloco linear, uma nova palavra de informação obtida pela adição de uma palavra de informação diferente de zero a uma palavra de informação de entrada tem a mesma propriedade de distribuição de palavra de código. Por conseguinte, apesar da propriedade ser desenvolvida com base na palavra de informação composta exclusivamente por zeros, obter-se-á um mesmo desempenho quando comparado com o desempenho determinado utilizando a palavra de informação diferente de zero. Deste modo, ir-se-á fazer a seguir uma descrição no que se refere ao caso em que a palavra de informação de entrada é a palavra de código composta exclusivamente por zeros. Ou seja, o desempenho do turbo-código irá ser analisado com base no facto da palavra de informação de entrada ser composta exclusivamente por bits zero e apenas um dado bit de informação ser '1'.

Para melhorar o desempenho do codificador turbo, pode utilizar-se um polinómio primitivo para um polinómio de realimentação a partir de um polinómio gerador para o codificador componente. O polinómio de realimentação é dado pela

expressão de uma derivação que sofre realimentação nos codificadores 111, 113 componentes RSC da FIG. 1 num polinómio, e o polinómio de realimentação é definido como $gf(x)$. No caso da FIG. 1, $gf(x)=1+x^2+x^3$. Ou seja, a ordem mais elevada indica a profundidade de uma memória, e a conexão mais à direita determina se o coeficiente x^3 de $gf(x)$ é 0 ou 1. Por conseguinte, quando o número das memórias para o codificador RSC é m , uma sequência de realimentação gerada pelo polinómio de realimentação repete, continuamente, o mesmo padrão com um período de 2^m-1 . Deste modo, quando uma palavra de informação de entrada '1' é recebida no instante correspondente a este período (e. g., para $m = 3$, quando uma palavra de informação de entrada de '10000001...' é recebida), os mesmos bits de informação são sujeitos a uma disjunção exclusiva (exclusivo-OR), para que o estado do codificador RSC se torne, daqui em diante, um estado composto exclusivamente por zeros, gerando, desse modo, todos os símbolos de saída com valor 0. Isto significa que o peso *Hamming* da palavra de código gerada pelo codificador RSC tem um valor constante de 1 depois desta ocorrência. Ou seja, a distância livre do turbo-código é mantida depois deste tempo, e a CISP torna-se uma causa principal de uma redução na distância livre do codificador turbo.

Neste caso, para aumentar a distância livre, o entrelaçador turbo dispersa de forma aleatória a palavra de informação de entrada CISP de modo a impedir uma diminuição na distância livre no símbolo de saída do outro codificador RSC componente. O Quadro 1 seguinte mostra uma sequência de realimentação gerada a partir de $gf(x)=1+x^2+x^3$. No Quadro 1, $X(t)$ indica um bit de informação de entrada num instante t da palavra de informação de entrada. Além disso, $m(t)$, $m(t-1)$ e $m(t-2)$ indicam,

respectivamente, 3 estados de memória do codificador RSC. Aqui, dado que o número de memórias é 3, o período é $2^3-1=7$.

[Tabela 1]

m(t)	m(t-1)	m(t-2)		
1	0	0	t=0	X(0)=1
0	1	0	t=1	X(1)=0
1	0	1	t=2	X(2)=0
1	1	0	t=3	X(3)=0
1	1	1	t=4	X(4)=0
0	1	1	t=5	X(5)=0
0	0	1	t=6	X(6)=0
1	0	0	t=7	se X(7)=1
0	0	0	t=8	
0	0	0	t=9	
		...		

A partir do Tabela 1, observa-se que se $X(t)=1$ no instante $t=7$, então $m(t)$, $m(t-1)$ e $m(t-2)$, daqui em diante, tornam-se estados compostos exclusivamente por zeros. Por conseguinte, o peso de *Hamming* dos símbolos de saída seguintes é sempre zero. Neste caso, se o entrelaçador turbo fornecer ao RSC2 a sequência '10000001000...' de informação de entrada nesta forma, o peso de *Hamming* dos símbolos de saída nos instantes seguintes a $t=7$ não se irá alterar, mesmo no RSC2 utilizando o mesmo polinómio de realimentação, pelo mesmo motivo. Isto dá origem a uma diminuição na distância livre de todos os símbolos de saída do codificador turbo. Para impedir esta situação, o entrelaçador turbo altera a sequência '10000001000...' de informação de entrada original para uma sequência de informação de entrada com um padrão diferente (por exemplo, altera a posição do bit de

informação '1', ficando 110000000...) e fornece a sequência resultante ao RSC2. Por conseguinte, mesmo que se interrompa um aumento no peso de *Hamming* no RSC1, o peso de *Hamming* aumenta, continuamente, no RSC2, para que a distância livre total do codificador turbo aumente. Isto acontece porque o polinómio de realimentação, tendo o tipo de filtro de resposta impulsiva infinita (IIR), gera, continuamente, o símbolo '1' de saída infinito mesmo para um bit '1' de informação de entrada. A Equação 1 que se segue mostra o relacionamento entre o RSC1 e o RSC2 em termos do peso de *Hamming* ou distância livre do codificador turbo.

[Equação 1]

$$HW(\text{Sequência de código de saída}) = HW(\text{Sequência de código RSC1}) + HW(\text{Sequência de código RSC2}),$$
 em que HW é o peso de *Hamming*.

A partir da Equação 1, observa-se que um equilíbrio do peso de *Hamming* entre o RSC1 e o RSC2 é muito importante. Em particular, observa-se que a distância livre mínima do turbo-código é gerada para o peso de *Hamming* mínimo da palavra de informação de entrada, quando a característica IIR (Resposta Impulsiva Infinita) do codificador RSC é tida em consideração. De um modo geral, a distância livre mínima é proporcionada quando a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 2, como mencionado anteriormente.

No entanto, como descrito anteriormente, a distância livre mínima ocorre quando a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 3, 4, 5, ..., bem como quando a palavra de

informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 2. Isto ocorre quando a palavra de informação de entrada é recebida na base de uma unidade de trama, como se segue.

Por exemplo, quando só o bit de informação localizado na última posição da palavra de informação de entrada, *i. e.*, a última posição da trama, é '1' e todos os outros bits de informação são 0, o peso de *Hamming* da palavra de informação de entrada passa a 1. Neste caso, o número dos símbolos '1' emitidos pelo RSC1 torna-se muito pequeno, porque deixa de haver palavra de informação de entrada. Obviamente, quando se utilizam bits de rodapé de valor zero, existem dois símbolos, mas esses são utilizados independentemente em vez de serem sujeitos a um entrelaçamento turbo. Por conseguinte, aqui assume-se que o peso é ligeiramente aumentado. Dado que o peso constante é adicionado, isto irá ser excluído de uma análise do entrelaçador. Neste caso, observa-se a partir da Equação 1, que o RSC2 deveria gerar um maior número de símbolos '1' de saída para aumentar a distância livre total.

Agora, no que se refere às FIGS. 4 a 10, irá fazer-se uma descrição comparativa relativamente aos problemas da técnica anterior e às soluções dos problemas.

Nas FIGS. 4 a 10, as partes sombreadas indicam as posições em que o bit de informação de entrada é '1', e as outras partes indicam as posições em que o bit de informação de entrada é '0'.

Se, como mostrado na FIG. 4, o entrelaçador turbo desloca (ou permuta) a posição da palavra de informação de entrada, em que o símbolo original do RSC1 é '1', para a última posição da trama após entrelaçamento, o número dos símbolos '1' de saída

gerados pelo RSC2 irá ser muito pequeno. Neste caso, dado que o RSC1 e RSC2 geram um número muito pequeno dos símbolos '1' de saída de acordo com a Equação 1, a distância livre total diminui drasticamente. No entanto, se, como mostrado na FIG. 5, o entrelaçador turbo desloca a posição da palavra de informação de entrada, em que o símbolo original do RSC1 é '1', para a primeira posição ou para uma posição próxima da posição inicial da trama após entrelaçamento, o número de símbolos '1' de saída gerados pelo RSC2 irá ser aumentado. Isto acontece porque se emitem múltiplos símbolos '1' através $(N(\text{Tamanho do Entrelaçador}) - h(\text{um número de '1'}))$ de transições de estado do codificador RSC2. Neste caso, o RSC2 gera um maior número dos símbolos '1' de saída, aumentando, desse modo, a distância livre total.

Além da distância livre diminuída ocorrer quando o entrelaçador interno desloca o bit de informação de entrada '1' localizado na última posição da trama para a última posição da trama, como mostrado na FIG. 4, se um de dois bits de informação de '1' localizados na posição final da trama ficarem ainda localizados na (ou próximo da) posição final da trama, mesmo após o entrelaçamento, como mostrado na FIG. 6, a distância livre total irá diminuir.

Por exemplo, se o entrelaçador interno funcionar no modo de trama mostrado na FIG. 6, em que dois símbolos localizados na posição final da trama são '1' e todos os outros símbolos são 0, então o peso de *Hamming* da palavra de informação de entrada é 2. Mesmo neste caso, o número de símbolos '1' de saída gerados pelo RSC1 torna-se muito pequeno, dado que não existem mais bits de informação de entrada. Por conseguinte, de acordo com a Equação 1, o RSC2 deveria gerar um maior número dos símbolos '1' de

saída para aumentar a distância livre total. No entanto, se, como mostrado na FIG. 6, o entrelaçador turbo deslocar a posição dos dois símbolos anteriores para a posição final (ou para um qualquer lugar próximo da posição final) da trama mesmo após entrelaçamento, o RSC2 irá também gerar um pequeno número dos símbolos '1' de saída. No entanto, se, como mostrado na FIG. 7, o entrelaçador turbo deslocar a posição dos dois símbolos anteriores para a posição inicial (ou para um qualquer lugar próximo da posição inicial) da trama, o RSC2 irá gerar um maior número dos símbolos '1'. Ou seja, o codificador RSC2 emite múltiplos símbolos '1' através $(N-h)$ de transições de estado (N = Tamanho do Entrelaçador, h = um número de símbolos '1'). Neste caso, por conseguinte, o RSC2 gera o número aumentado de símbolos '1' de saída, aumentando, desse modo, a distância livre total.

Este princípio pode ser extrapolado para o caso em que o entrelaçador turbo funciona no modo de trama mostrado na FIG. 8, em que existem múltiplos bits '1' de informação no período (ou duração) final da trama e os outros bits de informação são 0. Mesmo neste caso, a distância livre total é aumentada deslocando-se os bits de informação existentes na posição final da trama para a posição inicial da trama ou para posições próximas da posição inicial, como mostrado na FIG. 8. Obviamente, dado que o turbo-código é o código de bloco linear, mesmo a nova palavra de informação obtida pela adição de uma palavra de informação diferente de zero a uma tal palavra de informação tem a mesma propriedade. Por conseguinte, irá fazer-se a seguir uma descrição com base na palavra de informação composta exclusivamente por zeros.

Em conclusão, quando se concebe o entrelaçador turbo, as condições que se seguem, bem como a propriedade aleatória e a propriedade de distância deveriam ser satisfeitas para garantir o desempenho do decodificador turbo e a distância livre do codificador turbo.

Condição 1: Ao conceber-se cada um dos entrelaçadores turbo, os bits de informação correspondentes a um período específico da última posição da trama deveriam ser deslocados para a posição mais à frente da trama, por entrelaçamento, para aumentar a distância livre do turbo-código.

Condição 2: Os bits de informação correspondentes à última posição da trama deveriam ser deslocados para uma posição precedendo a última posição (se possível, para a posição inicial da trama) por entrelaçamento, para aumentar a distância livre do turbo-código.

Estas condições são aplicáveis a um entrelaçador turbo bidimensional, bem como ao entrelaçador unidimensional descrito anteriormente. O entrelaçador unidimensional efectua o entrelaçamento, considerando a trama de informação de entrada como um grupo, como mostrado nas FIGS. 4 a 8. O entrelaçador bidimensional efectua o entrelaçamento dividindo a trama de informação de entrada em múltiplos grupos. A FIG. 9 mostra um entrelaçamento bidimensional em que a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 1.

Como ilustrado, os bits de informação de entrada são sequencialmente escritos nos respectivos grupos (ou linhas). Ou seja, os bits de informação de entrada são sequencialmente escritos nos grupos (ou linhas) r_0 , r_1 , ..., $r_{(R-1)}$. Em cada

grupo, os bits de informação de entrada são sequencialmente escritos da esquerda para a direita. Em seguida, um algoritmo de entrelaçamento turbo altera, de modo aleatório, as posições dos elementos $R \times C$ (i. e., bits de informação de entrada), em que R é o número de linhas, C é o número de colunas ou, de um modo equivalente, o número de bits de informação num grupo. Neste caso, é preferível conceber o algoritmo de entrelaçamento turbo de modo a que o bit de informação localizado na última posição (ou na posição mais à direita) do último grupo deva estar localizado na posição mais à frente, se possível, durante a saída. Obviamente, dependendo da ordem de selecção dos grupos, o bit de informação de entrada localizado na última posição pode ser deslocado para a posição mais à frente (ou próximo desta) do grupo correspondente. Além disso, a Condição 1 e Condição 2 podem ser normalizadas num entrelaçador turbo k -dimensional (em que $k > 2$), bem como num entrelaçador bidimensional.

A FIG. 10 mostra um caso em que a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* superior a 2. Como mostrado, os bits de informação localizados na última posição do último grupo são deslocados para as posições iniciais do último grupo por entrelaçamento. Obviamente, a regra pormenorizada de deslocamento (ou entrelaçamento) é determinada de acordo com um algoritmo para um entrelaçador específico. A invenção apresenta a Condição 1 e Condição 2 que deveriam ser, necessariamente, satisfeitas quando se determina a regra de entrelaçamento.

Em seguida, irá fazer-se uma descrição do entrelaçador PIL tendo os problemas da técnica anterior e, em seguida, ir-se-á fazer outra descrição de uma solução dos problemas que o entrelaçador PIL apresenta.

Na primeira fase, (1) determina-se um número de linha de modo a que

$R = 10$ no caso do número de K bits de informação de entrada estar entre 481 a 530 e

$R = 20$ no caso do número de K bits de informação ter outro qualquer comprimento de bloco, excepto 481 a 530, (2) determina-se um número C de coluna de modo a que o caso 1 seja $C=p=53$, em que p = número primo mínimo e o caso 2 seja

(i) encontrar o número p primo mínimo que satisfaça $0 \leq (p+1) - K/R$

(ii) se $(0 \leq p - K/R)$ então ir para (iii), se não $C=p+1$

(iii) se $(0 \leq p-1 - K/R)$ então $C=p-1$, se não $C=p$

Irá descrever-se, em primeiro lugar, uma segunda fase, Caso B, se $C=p+1$ a partir de um algoritmo de entrelaçamento para o entrelaçador PIL que foi provisoriamente determinado no entrelaçador turbo UTMS. Na Equação 2 que se segue, R indica o número de grupos (ou linhas), e tem um valor de $R=10$ ou $R=20$. Além disso, C indica o tamanho de cada grupo e é determinado pelo número p primo que satisfaz $0 \leq (p+1) - K/R$ como determinado na Fase 1 de acordo com um valor K/R , em que K é o tamanho dos actuais bits de informação de entrada de uma trama. No Caso B, é sempre $C=p+1$. Por conseguinte, o tamanho real do entrelaçador PIL torna-se um valor determinado por $R \times C$, que é maior do que K . Além disso, $C_j(i)$ indica uma posição dos bits de informação obtidos pela permutação aleatória da posição dos bits de informação de entrada no grupo com base num grupo de ordem i , em que $i=0, 1, 2, 3, \dots, p$. Além disso, P_j indica um valor original

inicial dado por um vector de linha de ordem j , e é, inicialmente, dado pelo algoritmo.

[Equação 2]

B-1) Uma raiz g_0 primitiva é seleccionada a partir de uma dada tabela de constantes aleatórias de inicialização (3GPP TS 25.212 tabela 2; tabela de números primos p e raiz primitiva associada) de modo a que g_0 seja uma raiz primitiva de um campo com base no número primo p .

B-2) Construir a sequência $C(i)$ de base a utilizar na disposição por modo aleatório do vector de linha que é gerada utilizando a fórmula seguinte.

$$C(i)=[g_0 \times C(i-1)] \bmod p, \quad i=1,2,3,\dots,p-2, \quad C(0)=1$$

B-3) Seleccionar o conjunto de números inteiros primos mínimo $\{q_j, j=0,1,2,\dots,R-1\}$ de modo a que $\text{g.c.d}\{q_j, p-1\} = 1$, $q_j > 6$ e $q_j > q_{(j-1)}$,

em que g.c.d. é o maior divisor comum e $q_0=1$

B-4) $\{p_j, j=0,1,2,\dots,R-1\}$ que é um novo conjunto de números primos é calculado a partir de $\{q_j, j=0,1,2,\dots,R-1\}$ de modo a que $p_{p(j)} = q_j$ em que $j=0,1,\dots, R-1$ e $p_{(j)}$ é o padrão de permutação inter linhas definido na terceira fase.

B-5) Elementos da permutação intra linha de ordem j com o seguinte método.

$$C_j(i) = C[i \times p_j \bmod (p-1)], \quad i=0,1,2,3,\dots,p-2,$$

$$C_j(p-1)=0, \text{ e}$$

$$C_j(p)=p$$

Numa terceira fase,

executa-se a permutação de linha com base nos padrões $p_{(j)}$ ($j=0,1,2,\dots,R-1$) seguintes, em que $p_{(j)}$ é a posição de linha original da linha permutada de ordem j .

A utilização destes padrões faz-se do seguinte modo: quando o número de K bits de informação de entrada se situa entre 320 a 480 bits, executa-se o padrão p_A de selecção de grupo, quando o número de K bits de informação de entrada se situa entre 481 a 530 bits, executa-se o padrão p_C de selecção de grupo, quando o número de K bits de informação de entrada se situa entre 531 a 2280 bits, executa-se o padrão p_A de selecção de grupo, quando o número de K bits de informação de entrada se situa entre 2281 a 2480 bits, executa-se o padrão p_B de selecção de grupo, quando o número de K bits de informação de entrada se situa entre 2481 a 3160 bits, executa-se o padrão p_A de selecção de grupo, quando o número de K bits de informação de entrada se situa entre 3161 a 3210 bits, executa-se o padrão p_B de selecção de grupo e quando o número de K bits de informação de entrada se situa entre 3211 a 5114 bits, executa-se o padrão p_A de selecção de grupo. O padrão de selecção de grupo é o seguinte;

p_A : {19,9,14,40,2,5,7,12,18,10,8,13,17,3,1,16,6,15,11} para $R=20$

p_B : {19,9,14,40,2,5,7,12,18,16,13,17,15,3,1,6,11,8,10} para $R=20$

p_C : {9,8,7,6,5,4,3,2,1,0} para $R=10$.

Deve observar-se, aqui, que a última operação de B-5) é definida como $C_j(p)=p$. Ou seja, isto quer dizer que, quando a posição do bit de informação de entrada antes do entrelaçamento é p , a posição do bit de informação de entrada é mantida na posição p mesmo depois do entrelaçamento PIL. Por conseguinte, para o último grupo ($j=19$), os bits de informação $C_{R-1}(P)=C_{19}(p)$ existentes na última posição mantêm a mesma posição $i=P$ que é a última posição do 19º grupo. Por conseguinte, a Condição 2 para conceber o entrelaçador turbo não é satisfeita.

Ou seja, para resolver o problema que o entrelaçador PIL apresenta, a etapa B-5) do algoritmo pode ser modificada do seguinte modo. A invenção apresenta, a título de exemplo, seis métodos de B-5-1) a B-5-6). Entre estes, pode determinar-se um desempenho óptimo através de simulações à luz das propriedades do entrelaçador turbo.

Selecciona-se um dos 6 métodos seguintes.

B-5-1) As posições de $C_{R-1}(0)$ e $C_{R-1}(p)$ são permutadas. $R=10$ ou 20 .

B-5-2) As posições de $C_{R-1}(p-1)$ e $C_{R-1}(p)$ são permutadas. $R=10$ ou 20 .

B-5-3) Para cada j , as posições de $C_j(0)$ e $C_j(p)$ são permutadas. $j=0,1,2,\dots,R-1$.

B-5-4) Para cada j , as posições de $C_j(p-1)$ e $C_j(p)$ são permutadas. $j=0,1,2,\dots,R-1$.

B-5-5) Para cada j , procura-se uma posição k de troca óptima para o algoritmo de entrelaçamento utilizado para permutar posições de $C_j(k)$ e $C_j(p)$.

B-5-5) Para cada linha de ordem $(R-1)$, procura-se uma posição k de troca óptima para o algoritmo de entrelaçamento utilizado para permutar posições de $C_{R-1}(k)$ e $C_{R-1}(p)$.

As FIGS. 11 e 12 mostram, respectivamente, um diagrama de blocos e um fluxograma de acordo com uma forma de realização da presente invenção.

No que se refere à FIG. 11, um bloco 912 de permutação de vector de linha (ou gerador de índice de permutação de vector de linha) gera um índice para seleccionar um vector de linha de acordo com a contagem de um contador 911 de linha, e fornece o índice gerado a uma memória intermédia de altos endereços da memória 918 intermédia. O bloco 912 de permutação de vector de linha é um selector de grupos destinado a seleccionar, sequencial ou aleatoriamente, quando a palavra de informação de entrada é dividida em múltiplos grupos, os grupos divididos. Um bloco 914 de permutação de vector de coluna (ou gerador de índice de permutação de elementos de vector de coluna) gera, dependendo dum algoritmo 915 de PIL modificado, um índice para permutar as posições dos elementos no correspondente vector (ou grupo) de linha de acordo com a contagem de um contador 913 de coluna, e fornece o índice gerado a uma memória intermédia de baixos endereços da memória 918 intermédia. O bloco 914 de permutação de vector de coluna é um gerador de efeito aleatório destinado a permutar a posição dos bits de informação no grupo, que foram sequencialmente armazenados por ordem de entrada, de acordo com uma dada regra. Uma RAM 917 (Memória de Acesso

Aleatório) armazena dados temporários gerados no processo do programa. Uma tabela 916 de consulta armazena parâmetros para entrelaçamento e a raiz primitiva. Os endereços obtidos por permutação de linha e permutação de coluna (*i. e.*, os endereços armazenados na memória 918 intermédia de endereços) são utilizados como endereços para entrelaçamento.

A FIG. 12 mostra um fluxograma do algoritmo de PIL modificado. Uma descrição que se segue refere-se à segunda fase, Caso B, no algoritmo de PIL. No que se refere à FIG. 12, uma raiz primitiva g_0 é seleccionada, na etapa 1011, a partir de uma tabela de constantes aleatórias de inicialização. Em seguida, na etapa 1013, uma sequência $C(i)$ de base destinada a dispor os elementos (ou bits de informação) do grupo de modo aleatório é gerada utilizando a fórmula seguinte.

$$C(i)=[g_0 \times C(i-1)] \bmod p, \quad i=1,2,3,\dots,p-2, \quad C(0)=1$$

Em seguida, na etapa 1015, calcula-se um conjunto $\{q_j, j=0,1,2,\dots,R-1\}$ de números primos mínimo dado para o algoritmo. Depois, na etapa 1017, um conjunto $\{p_j, j=0,1,2,\dots,R-1\}$ de números primos é calculado a partir do conjunto de números primos mínimo calculado. Em seguida, na etapa 1019, os elementos de um grupo de ordem j são dispostos de modo aleatório com o método que se segue.

$$C_j(i)=C[i \times p_j \bmod (p-1)], \quad i=0,1,2,3,\dots,p-2,$$

$$C_j(p-1)=0$$

Aqui, de modo a aumentar a distância livre mínima do codificador turbo enquanto se dispõem de modo aleatório os

elementos do grupo, uma das etapas B-5-1) a B-5-6) é seleccionada para permutar (ou deslocar) os bits de informação existentes na última posição da trama para outras posições após entrelaçamento.

B-5-1) significa que as posições do primeiro bit de informação e do último bit de informação no último grupo são trocadas uma com a outra. B-5-2) significa que os dois últimos bits de informação no último grupo são trocados um com o outro. B-5-3) significa que, para cada grupo, o bit de informação existente na última posição e o bit de informação existente na posição mais à frente são trocados um com o outro. B-5-4) significa que, para cada grupo, as posições dos últimos dois bits de informação são trocadas. B-5-5) significa que, para cada grupo, se procura uma posição k óptima para uma dada regra de entrelaçamento para trocar uma posição do bit de informação existente na última posição de cada linha com uma posição do bit de informação existente na posição k . Por fim, B-5-6) significa que, para o último grupo, se procura uma posição k óptima para uma dada regra de entrelaçamento para trocar uma posição do bit de informação existente na última posição com uma posição do bit de informação existente na posição k .

Ao aplicar-se o algoritmo modificado ao entrelaçador PIL, é possível impedir uma diminuição na distância livre do codificador turbo. A Tabela 2 que se segue mostra um espectro de pesos do entrelaçador PIL antes da modificação, e a Tabela 3 que se segue mostra um espectro de pesos do entrelaçador PIL após modificação.

Nas Tabelas 2 e 3, K indica o tamanho da trama de informação de entrada, $D_{free}(1)$ indica uma distância livre

calculada com a CISP para o que a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 1, e Dfree(2) indica uma distância livre calculada com a CISP para o que a palavra de informação de entrada tem o peso de *Hamming* de 2. Por exemplo, para K=600, Dfree(1) do entrelaçador PIL original é indicada por 25/39/46/56/57/... na Tabela 2, e isto significa que a distância livre mínima é 25 e a distância livre mínima seguinte é 39. Do mesmo modo, Dfree(2)=38/38/42/... significa que a distância livre mínima é 38. Por conseguinte, observa-se que a distância livre mínima é determinada de acordo com a distância livre pela CISP com o peso de *Hamming* de 1. Para impedir uma diminuição na distância livre pela CISP com o peso de *Hamming* de 1, a invenção utiliza o método B-5-1) neste exemplo. Ou seja, Dfree(1) é melhorada pela remoção da CISP com o peso de *Hamming* de 1.

A Tabela 2 que se segue mostra um espectro de pesos do entrelaçador PIL antes da modificação.

[Tabela 2]

K	Dfree(1)	Dfree(2)
600	Pos. = 599, Peso Min. = 25 25/39/49/53/57/61/65/67/67/77/	Pos. = 29, min_pl = 36, Peso Min. = 38 38/38/42/ 42/42/42/42/42/42/42/
640	Pos. = 639, Peso Min. = 25 25/37/53/53/53/69/71/73/75/77/	Pos. = 440, min_pl = 447, Peso Min. = 40 40/40/42/42/44/44/46/46/46/48/
760	Pos. = 759, Peso Min. = 25 25/41/57/57/59/69/75/77/81/83/	Pos. = 33, min_pl = 40, Peso Min. = 38 38/38/38/42/42/42/42/44/44/50/
840	Pos. = 839, Peso Min. = 25 25/45/57/65/65/79/79/83/85/87/	Pos. = 461, min_pl = 468, Peso Min. = 36 36/38/40/42/42/42/44/46/46/46/
880	Pos. = 879, Peso Min. = 25 25/47/57/61/65/71/83/89/93/93/	Pos. = 294, min_pl = 308, Peso Min. = 40 40/44/46/46/46/48/54/56/56/58/
960	Pos. = 959, Peso Min. = 25 25/45/61/65/69/71/73/87/87/89/	Pos. = 568, min_pl = 575, Peso Min. = 36 36/38/38/42/42/42/42/44/44/46/
1080	Pos. = 1079, Peso Min. = 25 25/49/61/65/67/77/85/89/93/97/	Pos. = 1016, min_pl = 1030, Peso Min. = 42 42/42/46/48/48/50/52/52/54/54/
1200	Pos. = 1199, Peso Min. = 25 25/53/65/69/85/85/89/89/95/103/	Pos. = 953, min_pl = 967, Peso Min. = 38 38/38/42/42/42/42/46/48/50/50/
1240	Pos. = 1239, Peso Min. = 25 25/53/67/69/71/85/93/93/103/105/	Pos. = 1053, min_pl = 1060, Peso Min. = 38 38/38/40/40/42/42/46/46/46/48/

1360	Pos. = 1359, Peso Min. = 25 25/57/65/73/85/91/93/105/107/107/	Pos. = 64, min_pl = 71, Peso Min. = 38 38/42/42/42/42/44/46/46/46/50/
1440	Pos. = 1439, Peso Min. = 25 25/53/63/73/77/87/89/97/105/109/	Pos. = 497, min_pl = 504, Peso Min. = 36 36/42/42/46/46/50/50/52/54/58/
1480	Pos. = 1479, Peso Min. = 25 25/61/65/77/77/83/95/101/109/117/	Pos. = 1103, min_pl = 1110, Peso Min. = 42 42/42/44/48/50/50/50/50/54/54/
1600	Pos. = 1599, Peso Min. = 25 25/61/65/83/83/93/97/105/105/113/	Pos. = 315, min_pl = 322, Peso Min. = 38 38/38/38/40/42/44/50/50/50/54/
1680	Pos. = 1679, Peso Min. = 25 25/ 69/ 69/81/ 89/95/103/113/117/125/	Pos. = 504, min_pl = 51 8, Peso Min. = 44 44/46/50/50/52/52/54/62/62/62/
1800	Pos. = 1799, Peso Min. = 25 25/69/81/85/105/105/109/109/117/	Pos. = 1439, min_pl = 1446, Peso Min. = 34 34/42/42/42/46/46/50/58/60/62/
1960	Pos. = 1959, Peso Min. = 25 25/77/79/83/89/91/97/109/113/125/	Pos. = 1161, min_pl = 1175, Peso Min. = 40 40/44/44/46/48/50/50/52/54/64/
2040	Pos. = 2039, Peso Min. = 25 25/75/77/77/93/109/109/113/129/133/	Pos. = 1932, min_pl = 1939, Peso Min. = 38 38/40/54/54/56/64/64/74/74/74/
2080	Pos. = 2079, Peso Min. = 25 25/ 69/77/81/93/103/109/111/119/121/	Pos. = 928, min_pl = 935, Peso Min. = 40 40/42/46/54/54/56/58/72/76/88/
2160	Pos. = 2159, Peso Min. = 25 25/77/81/93/93/97/99/105/107/129/	Pos. = 644, min_pl = 651, Peso Min. = 38 38/42/46/50/52/54/54/54/54/60/
2200	Pos. = 2199, Peso Min. = 25 25/57/63/81/97/ 101/117/121/133/141/	Pos. = 1973, min_pl = 1980, Peso Min. = 42 42/42/44/52/52/54/54/54/60/62/
2280	Pos. = 2279, Peso Min. = 25 25/75/87/89/97/101/113/121/133/139/	Pos. = 1 136, min_pl = 1150, Peso Min. = 42 42/42/42/44/50/54/54/54/62/62/
2560	Pos. = 2559, Peso Min. = 25 25/71/73/95/97/109/119/149/49/153/	Pos. = 1663, min_pl = 1670, Peso Min. = 42 42/42/46/48/54/56/56/56/62/62/
2640	Pos. = 2639, Peso Min. = 25 25/87/93/101/109/117/119/133/141/143/	Pos. = 1582, min_pl = 1589, Peso Min. = 38 38/42/42/42/44/46/50/56/62/66/
2760	Pos. = 2759, Peso Min. = 25 25/97/101/103/113/113/121/141/143/	Pos. = 820, min_pl = 834, Peso Min. = 42 42/48/52/54/58/62/62/66/66/66/
2800	Pos. = 2799, Peso Min. = 25 25/85/97/97/101/101/113/119/137/137/	Pos. = 412, min_pl = 419, Peso Min. = 44 44/58/62/62/70/72/72/76/80/82/
3000	Pos. = 2999, Peso Min. = 25 25/85/89/105/123/127/155/157/165/171/	Pos. = 2396, min_pl = 2403, Peso Min. = 34 34/38/40/50/54/54/54/58/74/76/
3040	Pos. = 3039, Peso Min. = 25 25/61/89/95/105/115/121/133/135/141/	Pos. = 604, min_pl = 611, Peso Min. = 38 38/38/42/46/46/52/52/64/66/76/
3160	Pos. = 3159, Peso Min. = 25 25/101/101/105/109/125/127/141/145/149/	Pos. = 2524, min_pl = 2538, Peso Min. = 38 38/42/46/56/68/76/76/78/90/90/
3280	Pos. = 3279, Peso Min. = 25 25/93/105/113/121/125/125/131/131/133/	Pos. = 3109, min_pl = 3123, Peso Min. = 42 42/50/52/62/62/76/90/90/90/90/
3360	Pos. = 3359, Peso Min. = 25 25/71/73/107/117/129/141/141/153/169/	Pos. = 3019, min_pl = 3026, Peso Min. = 42 42/52/54/66/76/80/88/90/90/90/
3480	Pos. = 3479, Peso Min. = 25 25/87/99/105/113/117/133/133/141/145/	Pos. = 1042, min_pl = 1049, Peso Min. = 38 38/38/54/54/56/58/58/60/627
3600	Pos. = 3599, Peso Min. = 25 25/97/109/121/137/139/153/167/167/177/	Pos. = 1438, min_pl = 1445, Peso Min. = 42 42/46/48/54/54/62/74/76/90/90/
3640	Pos. = 3639, Peso Min. = 25 25/87/97/125/137/137/137/149/163/169/	Pos. = 3262, min_pl = 3276, Peso Min. = 54 54/58/58/62/66/68/72/74/82/88/
3840	Pos. = 3839, Peso Min. = 25 25/53/97/115/117/129/145/147/151/153/	Pos. = 759, min_pl = 773, Peso Min. = 42 42/56/58/62/62/62/62/66/70/72/
3880	Pos. = 3879, Peso Min. = 25 25/91/93/121/129/133/145/173/173/177/	Pos. = 383, min_pl = 397, Peso Min. = 54 54/56/60/62/66/74/86/90/90/90/
3960	Pos. = 3959, Peso Min. = 25 25/91/105/125/125/133/135/137/141/143/	Pos. = 1372, min_pl = 1386, Peso Min. = 40 40/62/68/78/88/90/90/90/90/90/

4000	Pos. = 3999, Peso Min. = 25 25/75/85/133/149/149/149/153/161/175/	Pos. = 797, min_pl = 804, Peso Min. = 38 38/42/42/50/54/54/54/54/56/
4240	Pos. = 4239, Peso Min. = 25 25/109/119/143/151/153/157/165/169/193/	Pos. = 3392, min_pl = 3399, Peso Min. = 40 40/42/42/46/50/66/80/90/90/90/
4480	Pos. = 4479, Peso Min. = 25 25/89/89/89/117/119/137/149/159/161/	Pos. = 892, min_pl = 899, Peso Min. = 38 38/38/42/42/42/46/54/64/90/90/
4860	Pos. = 4559, Peso Min. = 25 25/113/121/125/137/149/161/165/175/177/	Pos. = 1368, min_pl = 1 382, Peso Min. = 44 44/58/66/68/70/70/82/84/86/88/
4600	Pos. = 4599, Peso Min. = 25 25/69/107/121/129/149/151/153/159/161/	Pos. = 3676, min_pl = 3683, Peso Min. = 34 34/48/50/58/62/66/66/76/86/90/
4680	Pos. = 4679, Peso Min. = 25 25/99/109/137/143/153/171/177/179/187/	Pos. = 928, min_pl = 942, Peso Min. = 42 42/44/50/ 58/ 62/62/64/68/84/86/
4800	Pos. = 4799, Peso Min. = 25 25/65/83/129/133/141/157/159/165/169/	Pos. = 949, min_pl = 963, Peso Min. = 42 42/42/50/56/58/66/66/66/70/70/
4840	Pos. = 4839, Peso Min. = 25 25/95/129/141/145/151/157/161/173/177/	Pos. = 3858, min_pl = 3872, Peso Min. = 42 42/72/80/82/84/90/90/90/90/90/
5040	Pos. = 5039, Peso Min. = 25 25/157/165/165/175/177/189/189/193/197/	Pos. = 4534, min_pl = 4548, Peso Min. = 46 46/54/54/58/60/60/62/76/82/90/
5160	Pos. = 51 59, Peso Min. = 25 25/81/95/137/137/145/147/165/181/185/	Pos. = 2314, min_pl = 2321, Peso Min. = 40 40/40/46/50/58/58/58/62/66/84/
5280	Pos. = 5279, Peso Min. = 25 25/75/101/109/133/137/165/169/181/185/	Pos. = 1579, min_pl = 1593, Peso Min. = 42 42/50/62/66/70/72/82/82/90/90/
5400	Pos. = 5399, Peso Min. = 25 25/99/117/117/125/133/169/173/189/197/	Pos. = 5124, min_pl = 5131, Peso Min. = 38 38/50/52/54/58/72/90/90/90/90/
5440	Pos. = 5439, Peso Min. = 25 25/73/109/143/169/169/169/173/175/181/	Pos. = 4617, min_pl = 4624, Peso Min. = 50 50/58/60/62/76/ 90/90/90/90/90/
5560	Pos. = 5559, Peso Min. = 25 25/105/141/143/177/181/189/193/193/201/	Pos. = 4441, min_pl = 4448, Peso Min. = 38 38/42/46/54/66/78/84/88/88/90/
5640	Pos. = 5639, Peso Min. = 25 25/101/115/145/153/153/153/165/169/173/	Pos. = 1120, min_pl = 1134, Peso Min. = 42 42/62/76/86/86/90/90/90/90/90/
5680	Pos. = 5679, Peso Min. = 25 25/101/145/165/173/181/187/187/193/197/	Pos. = 851, min_pl = 858, Peso Min. = 50 50/54/62/74/78/80/82/84/88/88/
5880	Pos. = 5879, Peso Min. = 25 25/103/129/161/173/177/189/199/201/201/	Pos. = 4410, min_pl = 4417, Peso Min. = 42 42/52/72/80/90/90/90/90/90/90/
6160	Pos. = 6159, Peso Min. = 25 25/129/155/157/165/187/197/205/209/217/	Pos. = 5849, min_pl = 5863, Peso Min. = 42 42/44/46/58/90/90/90/90/90/90/
6240	Pos. = 6239, Peso Min. = 25 25/119/119/123/169/185/197/199/213/213/	Pos. = 305, min_pl = 319, Peso Min. = 42 42/42/62/80/90/90/90/90/90/90/
6280	Pos. = 6279, Peso Min. = 25 25/117/133/137/161/175/177/195/197/197/	Pos. = 5323, min_pl = 5337, Peso Min. = 44 44/68/72/72/80/88/90/90/90/90/
6360	Pos. = 6359, Peso Min. = 25 25/109/137/141/141/145/147/161/187/201/	Pos. = 5081, min_pl = 5095, Peso Min. = 38 38/42/46/62/78/86/90/90/90/90/
6640	Pos. = 6639, Peso Min. = 25 25/101/109/139/147/175/177/185/209/217/	Pos. = 3645, min_pl = 3652, Peso Min. = 44 44/54/58/60/64/90/90/90/90/90/
6760	Pos. = 6759, Peso Min. = 25 25/105/125/165/203/215/217/229/249/249/	Pos. = 6409, min_pl = 6423, Peso Min. = 42 42/50/70/84/90/90/90/90/90/90/
6960	Pos. = 6959, Peso Min. = 25 25/123/145/145/161/209/211/217/219/223/	Pos. = 5565, min_pl = 5572, Peso Min. = 34 34/50/54/62/66/80/82/88/90/90/
7000	Pos. = 6999, Peso Min. = 25 25/111/145/145/197/221/221/233/235/237/	Pos. = 3846, min_pl = 3853, Peso Min. = 38 38/52/54/60/62/72/84/90/90/90/
7080	Pos. = 7079, Peso Min. = 25 25/117/129/161/165/169/171/175/175/177/	Pos. = 2122, min_pl = 2129, Peso Min. = 38 38/42/50/54/54/58/72/84/88/90/
7200	Pos. = 7199, Peso Min. = 25 25/167/169/173/185/185/215/217/225/225/	Pos. = 6833, min_pl = 6840, Peso Min. = 44 44/50/66/84/90/90/90/90/90/90/

7360	Pos. = 7359, Peso Min. = 25 25/81/157/169/173/173/183/221/221/221/	Pos. = 1 836, min_pl = 1 843, Peso Min. = 46 46/60/72/82/82/90/90/90/90/90/
7480	Pos. = 7479, Peso Min. = 25 25/117/153/201/207/217/217/227/229/233/	Pos. = 1865, min_pl = 1872, Peso Min. = 46 46/66/66/72/82/82/90/90/90/90/
7600	Pos. = 7599, Peso Min. = 25 25/125/155/157/201/221/223/239/245/251/	Pos. = 1893, min_pl = 1900, Peso Min. = 46 46/56/58/12/84/90/90/90/90/90/
7680	Pos. = 7679, Peso Min. = 25 25/133/153/157/189/207/237/241/243/253/	Pos. = 2865, min_pl = 2872, Peso Min. = 78 78/90/90/90/90/90/90/90/90/
7800	Pos. = 7799, Peso Min. = 25 25/115/151/157/181/193/209/241/249/251/	Pos. = 1170, min_pl = 1184, Peso Min. = 44 44/50/64/71/76/80/86/90/90/90/
7960	Pos. = 7959, Peso Min. = 25 25/135/145/153/169/169/185/217/223/223/	Pos. = 398, min_pl = 405, Peso Min. = 40 40/80/86/88/90/90/90/90/90/
8040	Pos. = 8039, Peso Min. = 25 25/109/109/111/141/185/201/219/241/249/	Pos. = 7054, min_pl = 7068, Peso Min. = 56 56/68/90/90/90/90/90/90/90/90/

A Tabela 3 que se segue mostra um espectro de pesos do entrelaçador PIL após modificação.

[Tabela 3]

K	Dfree(iyPILSS	Dfree(2yPILSS
600	pos. = 569, Peso Min. = 39 39/41/49/53/57/61/65/67/67/77/	pos. = 29, min_pl = 36, Peso Min. = 38 38/38/42/42/42/42/42/42/42/
640	pos. = 607, Peso Min. = 37 37/43/53/53/53/69/71/73/75/77/	pos. = 440, min_pl = 447, Peso Min. = 40 40/40/42/42/44/44/46/46/46/48/
760	pos. = 721, Peso Min. = 41 41/45/57/57/59/69/75/77/81/83/	pos. = 33, min_pl = 40, Peso Min. = 38 38/38/38/42/42/42/42/44/44/50/
840	pos. = 797, Peso Min. = 45 45/45/57/65/65/79/79/83/85/87/	pos. = 461, min_pl = 468, Peso Min. = 36 36/38/40/42/42/42/44/46/46/46/
880	pos. = 835, Peso Min. = 47 47/49/57/61/65/71/83/89/93/93/	pos. = 294, min_pl = 308, Peso Min. = 40 40/44/46/46/46/48/56/56/58/62/
960	pos. = 911, Peso Min. = 45 45/49/61/65/69/71/73/87/87/89/	pos. = 568, min_pl = 575, Peso Min. = 36 36/38/38/42/42/42/42/44/44/46/
1080	pos. = 1025, Peso Min. = 49 49/53/61/65/67/77/85/89/93/97/	pos. = 1016, min_pl = 1030, Peso Min. = 42 42/42/46/48/48/50/52/52/54/54/
1200	pos. = 1139, Peso Min. = 53 53/59/65/69/85/85/89/89/95/103/	pos. = 953, min_pl = 967, Peso Min. = 38 38/38/42/42/42/42/46/48/50/50/
1240	pos. = 1177, Peso Min. = 53 53/57/67/69/71/85/93/93/103/105/	pos. = 1053, min_pl = 1060, Peso Min. = 38 38/38/40/40/42/42/46/46/46/48/
1360	pos. = 1291, Peso Min. = 57 57/61/65/73/85/91/93/105/107/107/	pos. = 64, min_pl = 71, Peso Min. = 38 38/42/42/42/42/44/46/46/46/50/
1440	pos. = 1429, Peso Min. = 53 53/63/65/73/77/87/89/97/105/109/	pos. = 497, min_pl = 504, Peso Min. = 36 36/42/42/46/46/50/50/52/54/58/
1480	pos. = 1405, Peso Min. = 61 61/65/67/77/77/83/95/101/109/117/	pos. = 1103, min_pl = 1 110, Peso Min. = 42 42/42/44/48/ 50/50/50/50/ 54/54/
1600	pos. = 1573, Peso Min. = 61 61/65/69/83/83/93/97/105/105/113/	pos. = 315, min_pl = 322, Peso Min. = 38 38/38/38/40/42/44/50/50/50/54/
1680	pos. = 1595, Peso Min. = 69 69/69/69/81/89/95/103/113/117/125/	pos. = 504, min_pl = 518, Peso Min. = 44 44/46/50/50/52/52/54/62/62/62/

1800	pos. = 1709, Peso Min. = 69 69/73/81/85/105/105/109/109/117/121/	pos. = 1439, min_pl = 1446, Peso Min. = 34 34/42/42/42/46/48/50/58/60/62/
1960	pos. = 1861, Peso Min. = 77 77/77/79/83/89/91/97/109/113/125/	pos. = 1161, min_pl = 1175, Peso Min. = 40 40/44/44/46/48/50/50/52/54/64/
2040	pos. = 2014, Peso Min. = 75 75/77/77/83/93/109/109/113/129/133/	pos. = 1114, min_pl = 1121, Peso Min. = 40 40/54/54/56/64/64/74/74/ 4/80/
2080	pos. = 2038, Peso Min. = 69 69/77/81/81/93/103/109/111/119/121/	pos. = 928, min_pl = 935, Peso Min. = 40 40/42/46/54/54/56/58/76/88/90/
2160	pos. = 2106, Peso Min. = 77 77/81/85/93/93/97/99/105/107/129/	pos. = 644, min_pl = 651, Peso Min. = 38 38/42/46/50/52/54/54/54/54/60/
2200	pos. = 2181, Peso Min. = 57 57/63/81/85/97/101/117/121/133/141/	pos. = 1973, min_pl = 1980, Peso Min. = 42 42/42/44/52/52/54/54/54/60/62
2280	pos. = 2254, Peso Min. = 75 75/87/89/89/97/101/113/121/133/139	pos. = 1136, min_pl = 1150, Peso Min. = 42 42/42/42/44/50/54/54/54/62/62/
2560	pos. = 2545, Peso Min. = 71 71/73/95/97/97/109/119/149/149/153/	pos. = 1663, min_pl = 1670, Peso Min. = 42 42/46/48/54/56/56/56/62/64/72/
2640	pos. = 2574, Peso Min. = 87 87/93/97/101/109/117/119/133/141/143/	pos. = 1582, min_pl = 1589, Peso Min. = 38 38/42/42/42/44/46/50/56/62/66/
2760	pos. = 2621, Peso Min. = 97 97/101/101/103/113/113/121/141/143/145/	pos. = 820, min_pl = 834, Peso Min. = 42 42/48/52/54/58/62/62/66/66/66/
2800	pos. = 2730, Peso Min. = 85 85/97/97/101/101/101/113/119/137/137/	pos. = 412, min_pl = 419, Peso Min. = 44 44/58/62/62/66/70/72/72/76/80/
3000	pos. = 2962, Peso Min. = 85 85/89/105/109/123/127/155/157/165/171/	pos. = 2396, min_pl = 2403, Peso Min. = 34 34/38/40/50/ 54/54/54/58/74/76/
3040	pos. = 3014, Peso Min. = 61 61/89/95/105/109/115/121/133/135/141/	pos. = 604, min_pl = 611, Peso Min. = 38 38/38/42/46/46/52/52/64/66/76/
3160	pos. = 3065, Peso Min. = 101 101/101/105/109/115/125/127/141/145/149/	pos. = 2524, min_pl = 2538, Peso Min. = 38 38/42/46/56/68/76/76/78/90/90/
3280	pos. = 3198, Peso Min. = 93 93/105/113/117/121/125/125/131/131/133/	pos. = 3109, min_pl = 3123, Peso Min. = 42 42/50/52/62/62/76/90/90/90/90/
3360	pos. = 3339, Peso Min. = 71 71/73/107/117/117/129/141/141/153/169/	pos. = 3019, min_pl = 3026, Peso Min. = 42 42/52/54/66/76/80/88/90/90/90/
3480	pos. = 3436, Peso Min. = 87 87/99/105/113/117/121/133/133/141/145/	pos. = 1042, min_pl = 1049, Peso Min. = 38 38/38/54/54/56/58/58/58/60/62/
3600	pos. = 3510, Peso Min. = 97 97/109/121/125/137/139/153/167/167/177/	pos. = 1438, min_pl = 1445, Peso Min. = 42 42/46/48/54/54/62/74/76/90/90
3640	pos. = 3594, Peso Min. = 87 87/97/125/125/137/137/137/149/163/169/	pos. = 3262, min_pl = 3276, Peso Min. = 54 54/58/58/62/66/68/72/74/82/88/
3840	pos. = 3829, Peso Min. = 53 53/97/115/117/129/133/145/147/151/153/	pos. = 759, min_pl = 773, Peso Min. = 42 42/56/58/62/62/62/62/66/70/72/
3880	pos. = 3825, Peso Min. = 91 91/93/121/129/133/133/145/173/173/177/	pos. = 383, min_pl = 397, Peso Min. = 54 54/56/60/62/66/74/86/90/90/90/
3960	pos. = 3910, Peso Min. = 91 91/105/125/125/133/135/137/137/141/143/	pos. = 1372, min_pl = 1386, Peso Min. = 40 40/62/68/78/88/90/90/90/90/90
4000	pos. = 3977, Peso Min. = 75 75/85/133/139/149/149/149/153/161/175/	pos. = 797, min_pl = 804, Peso Min. = 38 38/42/42/50/54/54/54/54/54/56/
4240	pos. = 4134, Peso Min. = 109 109/119/143/145/151/153/157/165/169/193/	pos. = 3392, min_pl = 3399, Peso Min. = 40 40/42/42/46/50/66/80/90/90/90/
4480	pos. = 4405, Peso Min. = 89 89/89/89/117/119/137/149/149/159/161/	pos. = 892, min_pl = 899, Peso Min. = 38 38/38/42/42/42/46/54/64/90/90/
4560	pos. = 4446, Peso Min. = 113 113/121/125/137/149/155/161/165/175/177/	pos. = 1368, min_pl = 1382, Peso Min. = 44 44/58/66/68/70/70/82/84/86/88/
4600	pos. = 4561, Peso Min. = 69 69/107/121/129/149/151/153/153/159/161/	pos. = 3676, min_pl = 3683, Peso Min. = 34 347 48/ 50/58/62/66/66/ 76/86/90/

4680	pos. = 4656, Peso Min. = 99 99/109/137/143/153/157/171/177/179/187/	pos. = 928, min_pl = 942, Peso Min. = 42 42/44/ 50/58/62/62/64/68/84/86/
4800	pos. = 4765, Peso Min. = 65 65/83/129/133/141/157/159/161/165/169/	pos. = 949, min_pl = 963, Peso Min. = 42 42/42/50/56/58/66/66/66/70/70/
4840	pos. = 4780, Peso Min. = 95 95/129/141/145/151/157/161/163/173/177/	pos. = 3858, min_pl = 3872, Peso Min. = 42 42/72/80/82/84/90/90/90/90/90/
5040	pos. = 5029, Peso Min. = 157 157/165/165/165/175/177/189/189/193/197/	pos. = 4534, min_pl = 4548, Peso Min. = 46 46/ 54/ 54/58/60/ 60/62/76/82/ 90/
5160	pos. = 5140, Peso Min. = 81 81/95/137/137/145/147/165/169/181/185/	pos. = 2314, min_pl = 2321, Peso Min. = 40 40/40/46/50/58/58/58/62/66/84/
5280	pos. = 5258, Peso Min. = 75 75/101/109/133/137/165/169/173/181/185/	pos. = 1579, min_pl = 1593, Peso Min. = 42 42/50/62/66/70/72/82/82/90/90/
5400	pos. = 5332, Peso Min. = 99 99/117/117/125/133/169/173/179/189/197/	Pos. = 1 883, min_pl = 1890, Peso Min. = 50 50/52/54/58/71/90/90/90/90/90/
5440	pos. = 5394, Peso Min. = 73 73/109/143/169/169/169/173/175/177/181/	pos. = 4617, min_pl = 4624, Peso Min. = 50 50/58/60/62/76/90/90/90/90/90/
5560	pos. = 5520, Peso Min. = 105 105/141/143/177/181/181/189/193/193/201/	pos. = 4441, min_pl = 4448, Peso Min. = 38 38/42/46/54/66/78/84/88/88/90/
5640	pos. = 5587, Peso Min. = 101 101/115/145/153/153/153/165/169/173/173/	pos. = 1120, min_pl = 134, Peso Min. = 42 42/62/76/86/86/90/90/90/90/90/
5680	pos. = 5585, Peso Min. = 101 101/145/165/173/181/187/187/187/193/197/	pos. = 851, min_pl = 858, Peso Min. = 50 50/54/62/74/78/80/82/84/88/88/
5880	pos. = 5806, Peso Min. = 103 103/129/161/173/177/189/189/199/201/201/	pos. = 4410, min_pl = 4417, Peso Min. = 42 42/52/72/80/90/90/90/90/90/90/
6160	pos. = 6111, Peso Min. = 129 55/157/165/187/197/197/205/209/217/	pos. = 5849, min_pl = 5863, Peso Min. = 42 42/44/46/58/90/90/90/90/90/90/
6240	pos. = 6140, Peso Min. = 119 119/123/169/185/197/199/203/213/213/	pos. = 305, min_pl = 31 9, Peso Min. = 42 42/42/ 62/80/90/90/90/90/90/90/
6280	pos. = 6234, Peso Min. = 117 117/133/137/161/175/177/195/197/197/199/	pos. = 5323, min_pl = 5337, Peso Min. = 44 44/68/72/Hf 80/88/90/90/90/90/
6360	pos. = 6280, Peso Min. = 109 109/137/141/141/145/147/161/187/201/205/	pos. = 5081, min_pl = 5095, Peso Min. = 38 38/42/46/62/78/867 90/ 90/90/90/
6640	pos. = 6590, Peso Min. = 101 101/109/139/147/175/177/185/209/213/217/	pos. = 3645, min_pl = 3652, Peso Min. = 44 44/54/58/60/64/90/90/90/90/90/
6760	pos. = 6658, Peso Min. = 105 105/125/165/203/215/217/217/229/249/249/	pos. = 670, min_pl = 677, Peso Min. = 50 50/70/84/90/90/90/90/ 90/90/90/
6960	pos. = 6894, Peso Min. = 123 123/145/145/161/209/211/217/219/221/223/	pos. = 5565, min_pl = 5572, Peso Min. = 34 34/50/54/62/66/80/82/88/90/90/
7000	pos. = 6912, Peso Min. = 111 111/145/145/197/221/221/221/233/235/237/	pos. = 3846, min_pl = 3853, Peso Min. = 38 38/52/54/60/62/72/84/90/90/90/
7080	pos. = 7018, Peso Min. = 117 117/129/161/165/169/171/175/175/177/181/	pos. = 2122, min_pl = 2129, Peso Min. = 38 38/42/50/54/54/58/72/84/88/90/
7200	pos. = 6994, Peso Min. = 167 167/169/173/185/185/215/217/225/225/229/	pos. = 6833, min_pl = 6840, Peso Min. = 44 44/50/66/84/90/90/90/90/90/90/
7360	pos. = 7298, Peso Min. = 81 81/157/169/173/173/183/221/221/221/229/	pos. = 1836, min_pl = 1843, Peso Min. = 46 46/60/72/82/82/90/90/90/90/90/
7480	pos. = 7386, Peso Min. = 117 177/153/201/207/217/217/227/229/233/233/	Pos. = 1865, min_pl = 1872, Peso Min. = 46 46/66/66/72/82/82/90/90/90/90/
7600	pos. = 7528, Peso Min. = 125 125/155/157/201/221/223/239/241/245/251/	pos. = 1893, min_pl = 1900, Peso Min. = 46 46/56/58/72/84/90/90/90/90/90/
7680	pos. = 7526, Peso Min. = 133 133/153/157/189/207/237/241/241/243/253/	pos. = 2865, min_pl = 2872, Peso Min. = 78 78/90/90/90/90/90/90/90/90/90/
7800	pos. = 7702, Peso Min. = 115 115/151/157/181/193/209/241/245/249/251/	pos. = 1170, min_pl = 1184, Peso Min. = 44 44/50/64/72/76/80/86/90/90/ 90/

7960	pos. = 7832, Peso Min= 135 135/145/153/169/169/185/217/223/223/2S7/	pos. = 398, min_pl = 405, Peso Min. = 40 40/80/86/88/90/90/90/90/90/90/
8040	pos. = 8006, Peso Min. = 109 109/109/111/141/185/201/219/241/249/253/	pos. = 7054, min_pl = 7068, Peso Min. = 56 56/68/90/90/90/90/90/90/90/90/

Como descrito anteriormente, o novo codificador turbo suprime uma diminuição na distância livre causada por um ou mais bits de informação de '1' localizados no último período de uma entrada de trama de dados no codificador componente, utilizando o entrelaçador interno, contribuindo, desse modo, para a implementação de um codificador turbo com desempenho elevado.

REIVINDICAÇÕES

1. Codificador turbo compreendendo:

um primeiro codificador (111) configurado para codificar uma trama com K bits de informação de entrada para gerar primeiros símbolos codificados;

um entrelaçador (112) configurado para escrever, sequencialmente, os K bits de informação de entrada numa matriz rectangular $R \times C$, linha a linha, partindo da primeira coluna da primeira linha, efectuar uma permutação intra linha das posições dos bits de informação na matriz rectangular $R \times C$, em cada linha, de acordo com uma dada regra de entrelaçamento, em que a referida permutação intra linha não altera as posições dos bits na última coluna da referida matriz, subsequentemente à referida permutação, trocar a posição do bit de informação na última coluna da última linha com uma posição no interior da última linha que precede a última coluna, efectuar permutações inter linhas da matriz rectangular $R \times C$, e ler os bits de informação da matriz rectangular $R \times C$ permutada, coluna a coluna, começando na primeira linha da primeira coluna; e

um segundo codificador (113) configurado para codificar os bits de informação lidos para gerar segundos símbolos codificados,

em que a matriz rectangular $R \times C$ tem R linhas e C colunas, $K = R \times C$ e especifica o número de bits de informação na trama, e $K > R > 1$.

2. Codificador turbo como reivindicado na reivindicação 1, em que o codificador turbo está ainda configurado para armazenar os bits de informação de entrada numa memória, para efectuar o entrelaçamento dos bits de informação na matriz rectangular $R \times C$ com base em endereços lidos gerados correspondentes à matriz rectangular $R \times C$ permutada, e para emitir os bits de informação a partir da memória por meio dos endereços lidos gerados.
3. Codificador turbo como reivindicado na reivindicação 1, em que o codificador turbo está ainda configurado para trocar uma posição de um bit de informação na última coluna da última linha com uma posição de um bit de informação na primeira coluna da última linha.

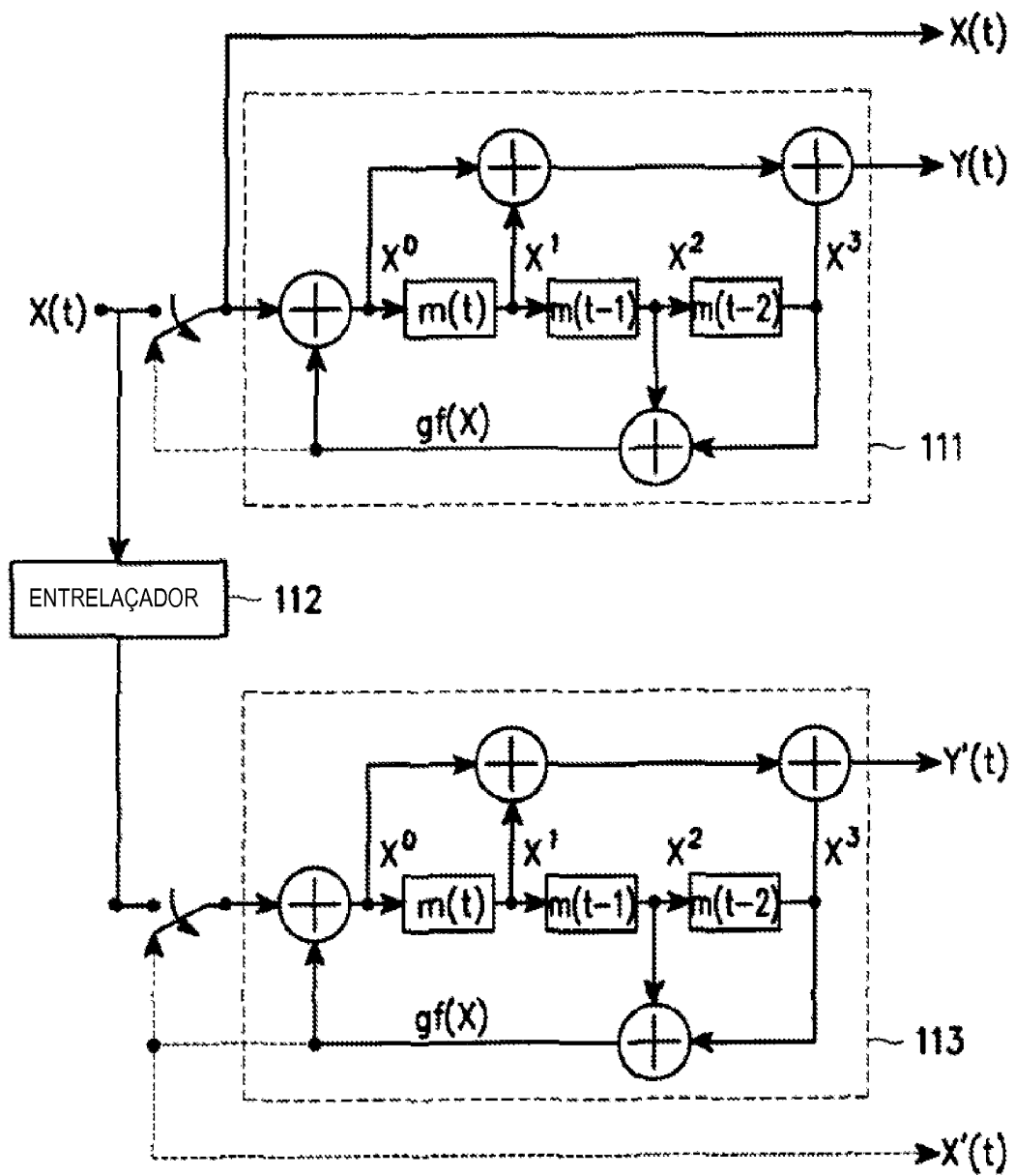


FIG. 1

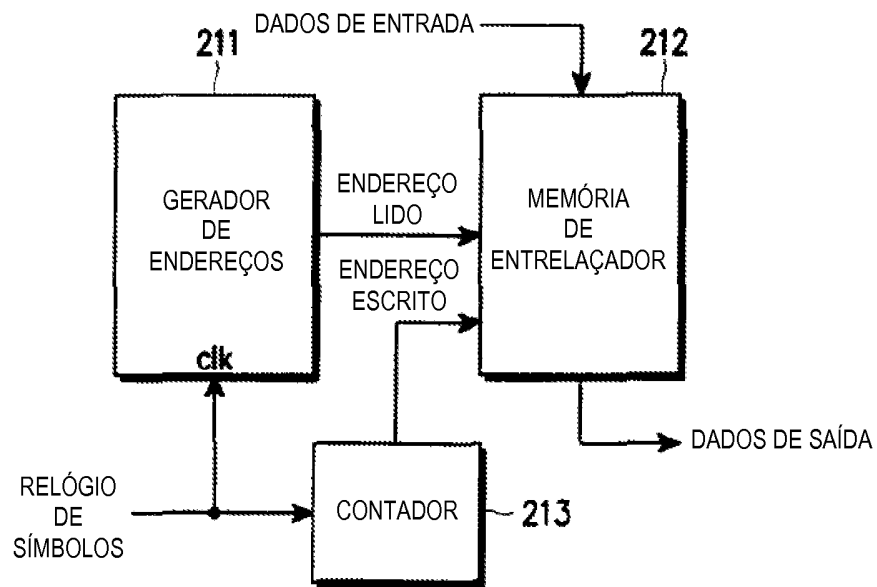


FIG. 2

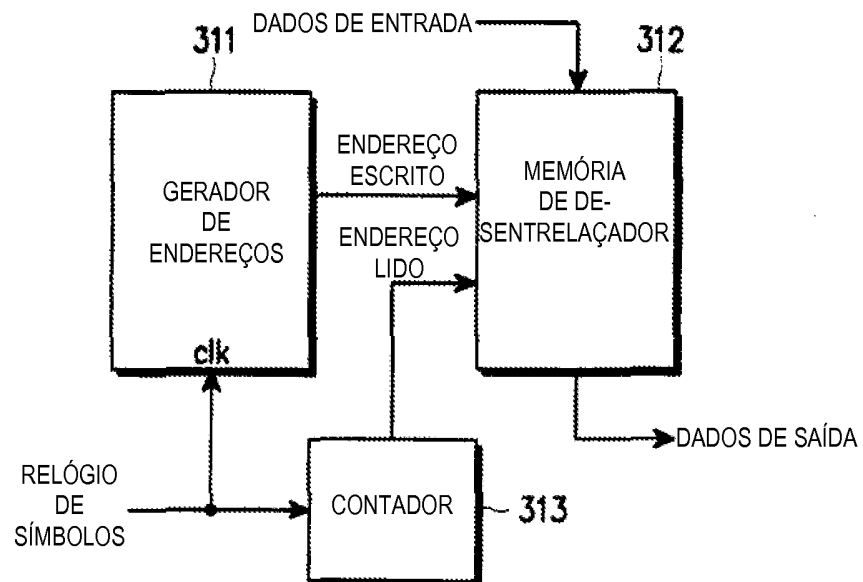
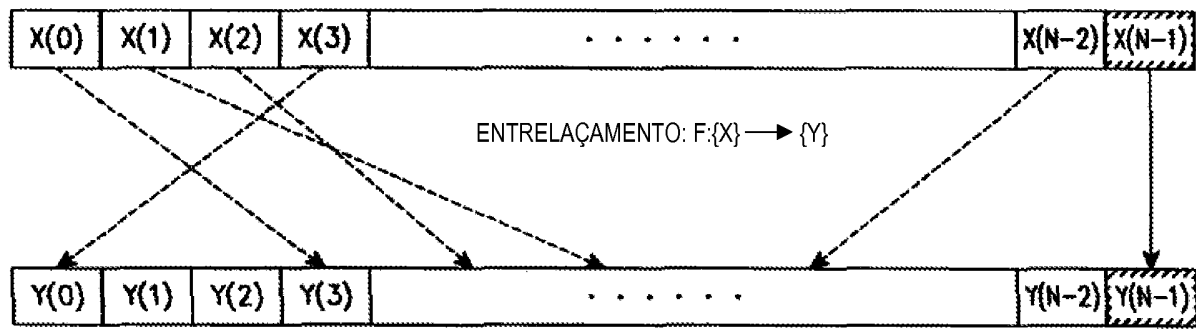


FIG. 3

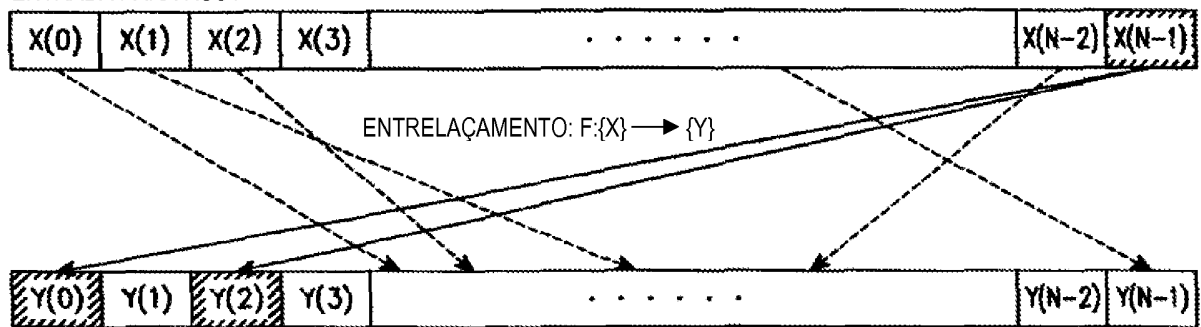
TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO DE
ENTRADA PARA RSC1



TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO
ENTRELACADOS PARA RSC2

FIG. 4

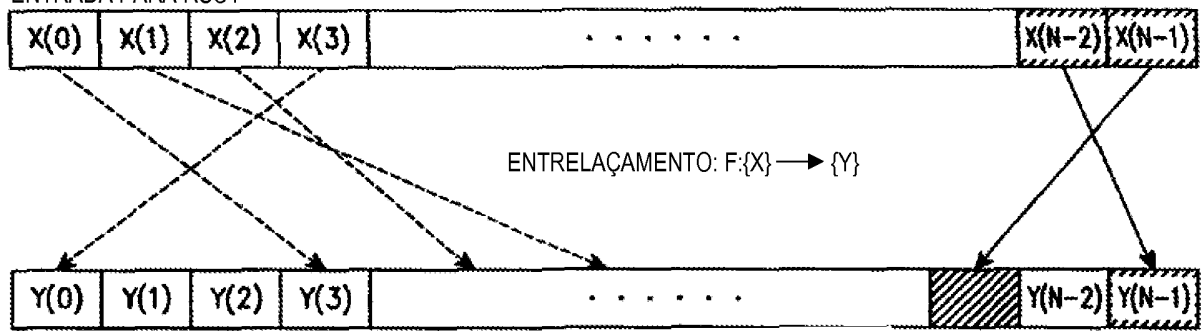
TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO DE
ENTRADA PARA RSC1



TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO
ENTRELACADOS PARA RSC2

FIG. 5

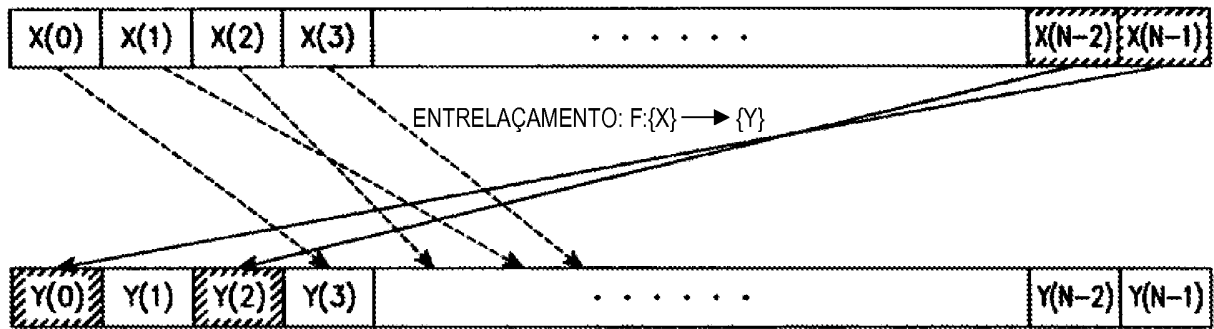
TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO DE
ENTRADA PARA RSC1



TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO
ENTRELACADOS PARA RSC2

FIG. 6

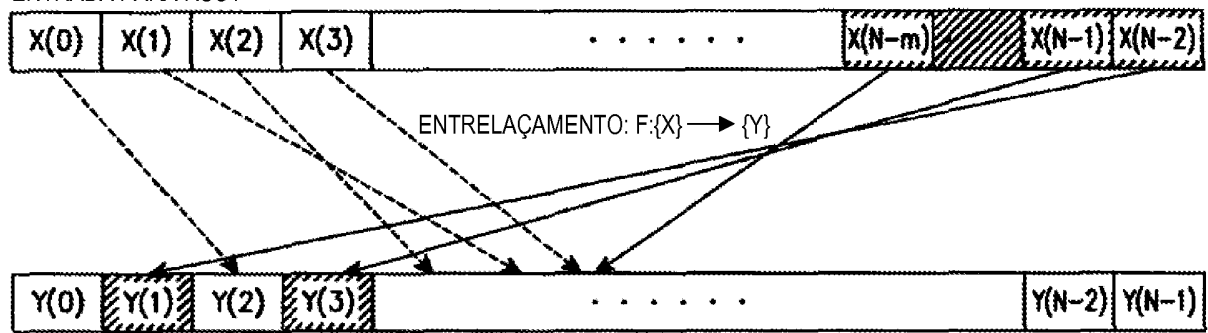
TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO DE
ENTRADA PARA RSC1



TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO
ENTRELACADOS PARA RSC2

FIG. 7

TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO DE
ENTRADA PARA RSC1



TRAMA DE SÍMBOLOS DE INFORMAÇÃO
ENTRELAÇADOS PARA RSC2

FIG. 8

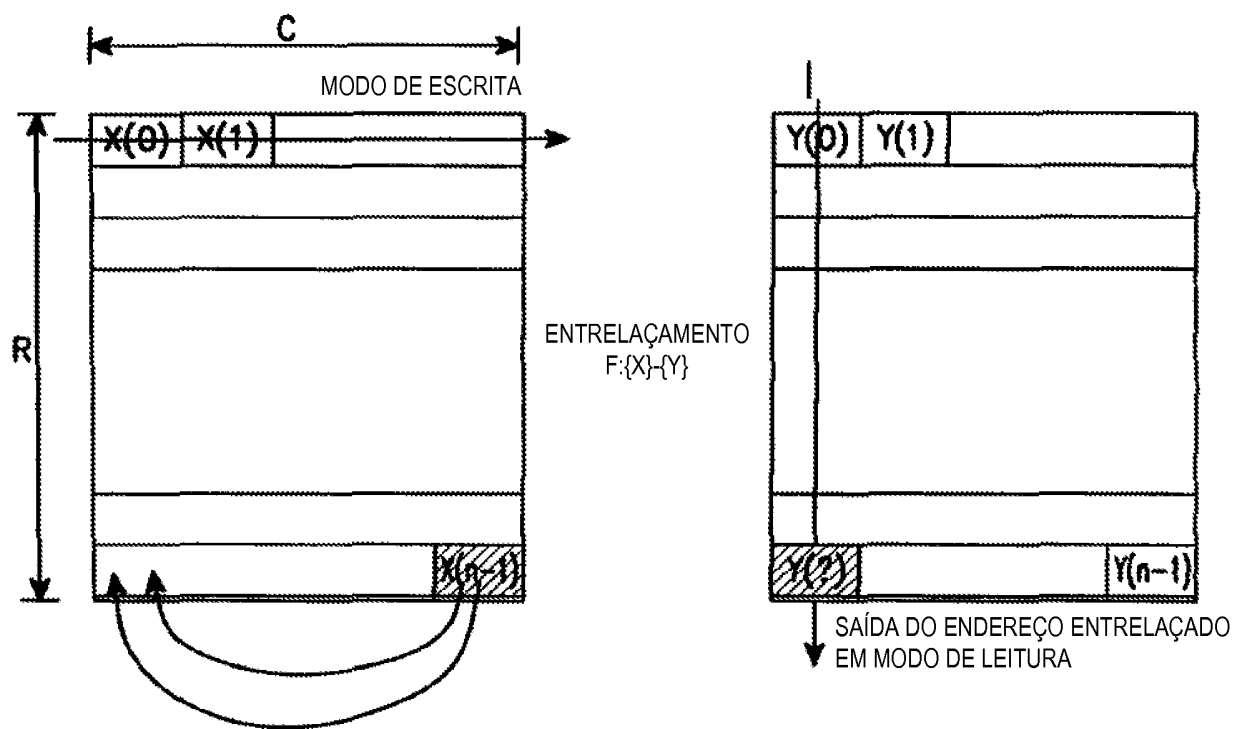
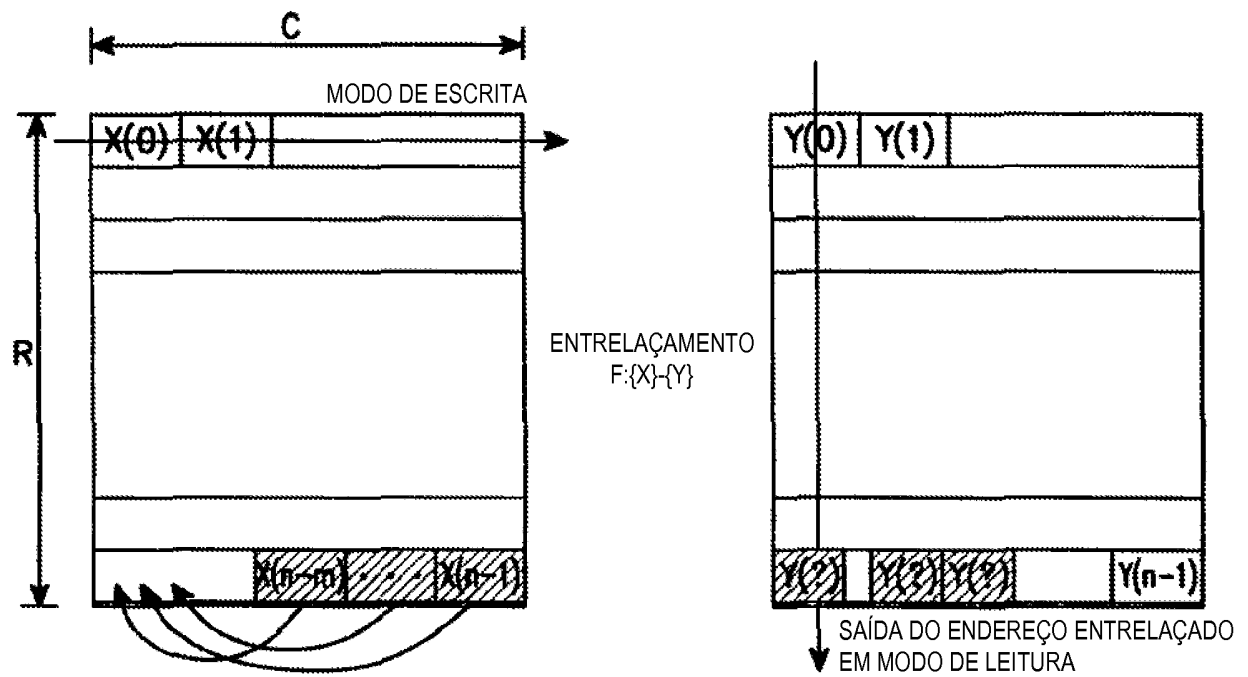


FIG. 9

**FIG. 10**

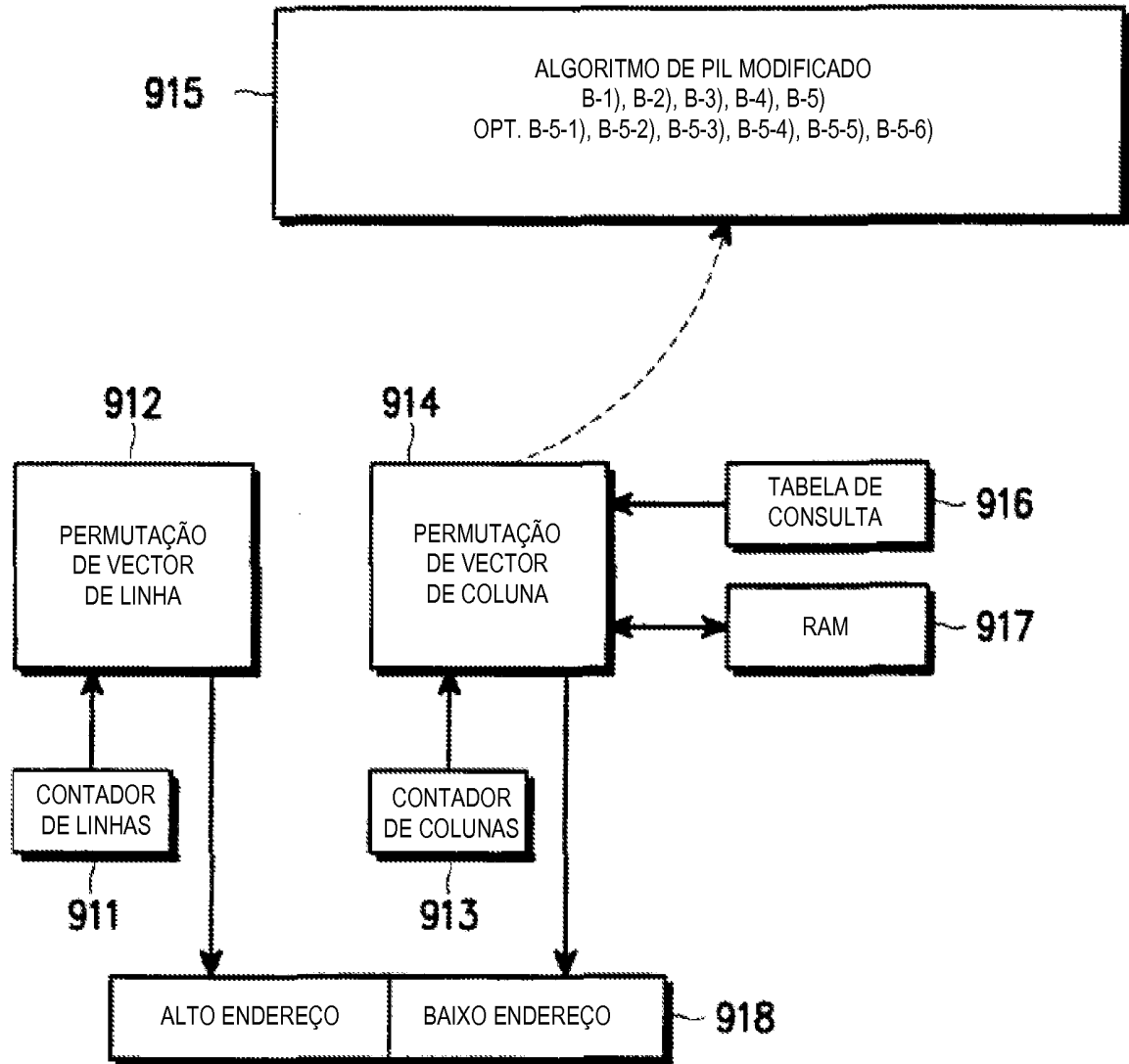


FIG. 11

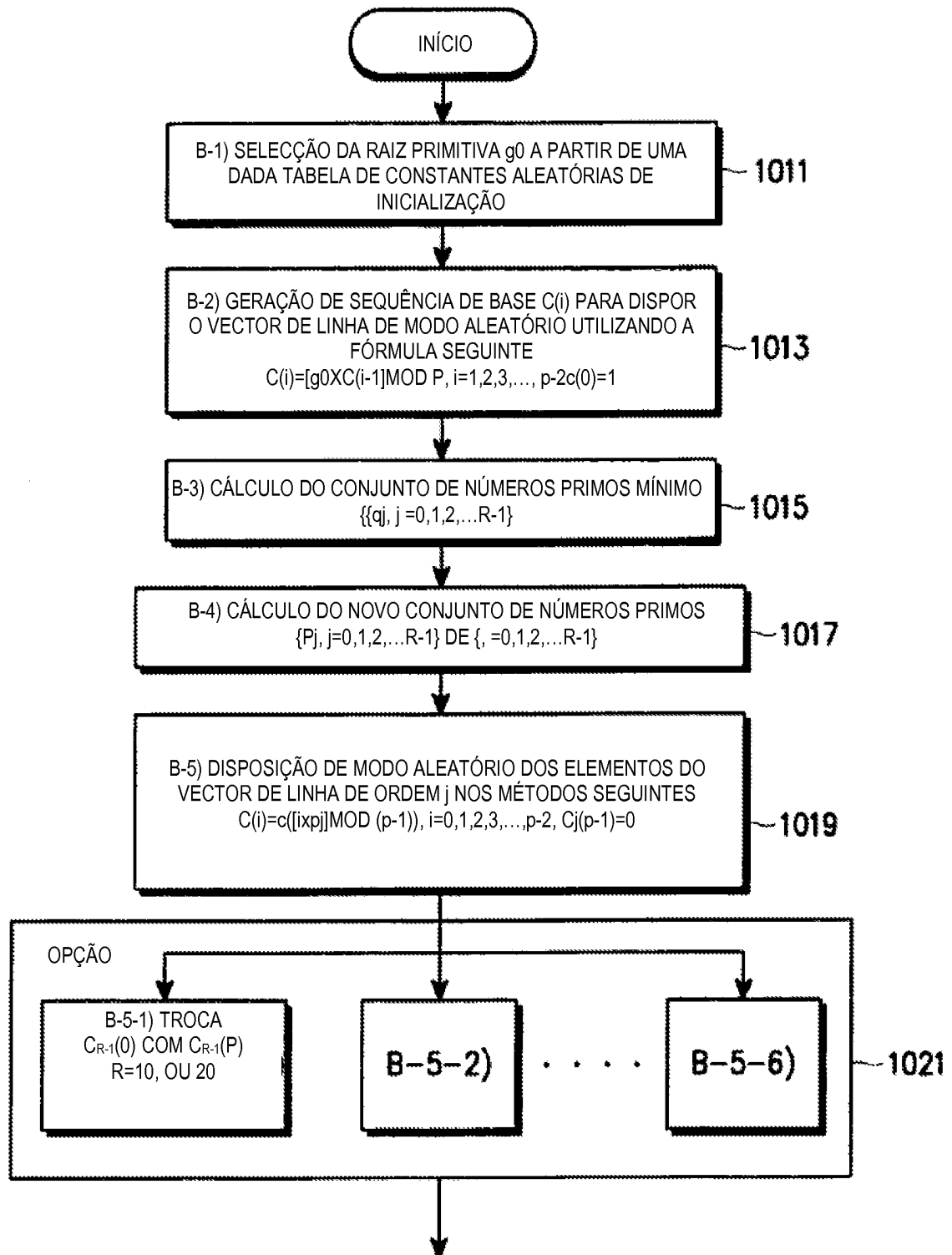


FIG. 12