



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

(11) PI 0110161-7 B1

(22) Data do Depósito: 21/02/2001

(45) Data de Concessão: 11/07/2017



(54) Título: MÉTODO DE RETRANSMISSÃO DE ARQ HÍBRIDO EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO, RECEPTOR EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO, E TRANSMISSOR EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

(51) Int.Cl.: H04L 1/18; H04L 27/34

(73) Titular(es): PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA

(72) Inventor(es): ALEXANDER GOLITSCHKE; CHRISTIAN WENGERTER; PHILIPP MICHAEL SCHMITT; EIKO SEIDEL

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO DE RETRANSMISSÃO DE ARQ HÍBRIDO EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO, RECEPTOR EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO, E TRANSMISSOR EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO"**.

[001] A presente invenção refere-se a um método de retransmissão ARQ híbrido em um sistema de comunicação.

[002] Uma técnica comum em sistemas de comunicação com condições de canais não confiáveis e inconstantes é corrigir erros com base em esquemas de pedido de repetição automática (ARQ), juntamente com uma técnica de correção antecipada de erro (FEC), chamada ARQ híbrido (HARQ). Se um erro é detectado por um cheque de redundância cíclico (CRC) usado comumente, o receptor do sistema de comunicação solicita que o transmissor reenvie os pacotes de dados recebidos erroneamente.

[003] S. Kallel, "Analysis of a type hybrid ARQ scheme com code combining", IEEE Transactions on Communications, vol. 38, Nº 8, agosto de 1990 e S. Kallel, R. Link, S. Bakhtiyari, "Throughput performance of Memory ARQ schemes", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 48, Nº 3, maio de 1999 definem três diferentes tipos de esquemas ARQ:

- Tipo 1: Os pacotes recebidos errôneos são descartados e uma nova cópia do mesmo pacote é transmitida e decodificada separadamente; não há qualquer combinação das primeira e última versões recebidas desse pacote;
- Tipo 2: Os pacotes recebidos errôneos não são descartados, mas são combinados com alguns bits de redundância incremental proporcionados pelo transmissor para decodificação subsequente; os pacotes retransmitidos têm, algumas vezes, taxas de codificação mais altas e são combinados no receptor com os valores armazenados; isso significa

que apenas pouca redundância é incorporada em cada retransmissão; e

- Tipo III: É idêntico ao Tipo II com a restrição de que cada pacote retransmitido é agora autodecodificável; isso implica que o pacote transmitido é decodificável sem a combinação com os pacotes anteriores; isso é útil se alguns pacotes são danificados de tal modo que quase nenhuma informação é reutilizável.

[004] Os esquemas dos tipos II e III são obviamente mais inteligentes e apresentam um ganho de desempenho com relação ao tipo I, porque proporcionam a capacidade de reutilizar as informações dos pacotes errôneos recebidos previamente. Existem, basicamente, três esquemas de reutilização da redundância dos pacotes transmitidos anteriormente:

- combinação suave ("soft-combining");
- combinação por código; e
- combinação de combinação suave e por código.

Combinação suave

[005] Empregando-se combinação suave, os pacotes de retransmissão conduzem símbolos idênticos, comparados com os símbolos recebidos anteriormente. Nesse caso, os múltiplos pacotes recebidos são combinados ou por uma base símbolo-por-símbolo ou bit-por-bit, como descrito, por exemplo, por D. Chase, "Code combining: A maximum-likelihood decoding approach for combining an arbitrary number of noisy packets", IEEE Trans. Commun., Vol. COM-33, pp. 385 - 393, maio de 1985 ou B. A. Harvey e S. Wicker, "Packet Combining Systems based on the Viterbi Decoder", IEEE Transactions on Communications", Vol. 42, N^{os} 2 / 3 / 4, abril de 1994. Por combinação desses valores de decisão suave de todos os pacotes recebidos, as confiabilidades dos bits transmitidos vão aumentar linearmente com o número e

o poder dos pacotes recebidos. De um ponto de vista do decodificador, o mesmo esquema FEC (com taxa de código constante) vai ser empregado em todas as transmissões. Por conseguinte, o decodificador não necessita conhecer como muitas retransmissões foram feitas, uma vez que percebe apenas os valores da decisão suave combinados. Nesse esquema, todos os pacotes transmitidos vão ter que conduzir o mesmo número de símbolos.

Combinação por código

[006] A combinação por código concatena os pacotes recebidos para gerar uma nova palavra de código (diminuindo a taxa de código com o aumento do número da transmissão). Por conseguinte, o decodificador tem que estar ciente do esquema FEC, para aplicar em cada instante de retransmissão. A combinação por código oferece uma flexibilidade mais alta com relação à combinação suave, uma vez que o comprimento dos pacotes retransmitidos pode ser alterado para se adaptar às condições do canal. No entanto, isso requer mais dados de sinalização a serem transmitidos com relação à combinação suave.

[007] No caso em que os pacotes retransmitidos conduzirem alguns símbolos idênticos aos símbolos transmitidos anteriormente e alguns símbolos de código diferentes daqueles, os símbolos de códigos idênticos são combinados usando combinação suave, como descrito na seção intitulada "Combinação suave", enquanto que os símbolos de códigos remanescentes vão ser combinados usando combinação por código. Aqui, os requisitos de sinalização vão ser similares à combinação por código.

[008] Como foi mostrado por M. P. Schmitt, "Hybrid ARQ Scheme employing TCM and Packet Combining", *Electronic Letters*, Vol. 34, Nº 18, setembro de 1998, o desempenho do HARQ para a Modulação Codificada por Trellis (TCM) pode ser melhorado por redistribuição da constelação de símbolos para as retransmissões. Aí, o ganho de de-

sempenho resulta da maximização das distâncias euclidianas entre os símbolos mapeados pelas retransmissões, porque a redistribuição foi feita em uma base de símbolos.

[009] Considerando esquemas de modulação de ordem alta (com símbolos de modulação conduzindo mais do que dois bits), a combinação dos métodos empregando combinação suave tem uma grande dificuldade: as confiabilidades dos bits dentro dos símbolos combinados suave vão estar em uma relação constante em todas as retransmissões, isto é, os bits que são menos confiáveis das transmissões recebidas anteriormente vão ser ainda menos confiáveis após terem recebido outras transmissões e, analogamente, os bits que eram mais confiáveis das transmissões recebidas anteriormente vão ser ainda mais confiáveis após terem recebido outras transmissões.

[0010] As confiabilidades dos bits variáveis se desenvolvem da restrição de mapeamento de constelação de sinais bidimensionais, em que os esquemas de modulação conduzindo mais do que 2 bits por símbolo não podem ter as mesmas confiabilidades médias para todos os bits sob a consideração de que todos os símbolos são transmitidos da mesma forma. O termo confiabilidades médias é consequentemente para significar a confiabilidade de um bit particular em relação a todos os símbolos de uma constelação de sinais.

[0011] Empregando-se uma constelação de sinais para um esquema de modulação 16 QAM de acordo com a Figura 1, mostrando uma constelação de sinais codificados Gray com uma determinada ordem de mapeamento de bits $i_1q_1i_2q_2$, os bits mapeados nos símbolos diferem entre si em confiabilidade média na primeira transmissão do pacote. Em mais detalhes, os bits i_1 e q_1 têm uma alta confiabilidade média, pois esses bits são mapeados para meios espaços do diagrama da constelação de sinais, com as consequências de que as suas confiabilidades são independentes do fato de se o bit transmite um ou um

zero.

[0012] Em contraste com isso, os bits i_2 e q_2 têm uma baixa confiabilidade média, pois a confiabilidade deles depende do fato de se transmitiu um 1 ou um 0. Por exemplo, para o bit i_2 , os uns são mapeados para as colunas externas, enquanto que os zeros são mapeados para as colunas internas. De modo similar, para o bit q_2 , os uns são mapeados para as fileiras externas, enquanto que os zeros são mapeados para as fileiras internas.

[0013] Para a segunda e cada uma das retransmissões posteriores, as confiabilidades dos bits vão ficar em uma relação constante entre eles, que é definida pela constelação de sinais empregada na primeira transmissão, isto é, os bits i_1 e q_1 vão sempre ter uma confiabilidade média mais alta do que os bits i_2 e q_2 , após qualquer número de retransmissões.

[0014] O objeto relacionado com a presente invenção é proporcionar um método de retransmissão ARQ híbrido, com um desempenho de correção de erro aperfeiçoado. Esse objeto é alcançado por um método como mostrado na reivindicação 1.

[0015] O método objeto da invenção é baseado no reconhecimento de que para melhorar o desempenho do decodificador, seria muito benéfico ter confiabilidades dos bits médias iguais ou próximas de iguais, após cada transmissão recebida de um pacote. Por conseguinte, a ideia que suporta a invenção é ajustar as confiabilidades dos bits pelas retransmissões de um modo que as confiabilidades dos bits médias fiquem em uma média. Isso é alcançado por seleção de uma primeira e pelo menos uma segunda constelações de sinais predeterminadas para as transmissões, de modo que as confiabilidades dos bits médias para os respectivos bits de todas as transmissões sejam aproximadamente iguais.

[0016] Por conseguinte, a redistribuição da constelação de sinais

resulta em um mapeamento de bits alterado, em que as distâncias euclidianas entre os símbolos de modulação podem ser alteradas de retransmissão em retransmissão, devido ao movimento dos pontos da constelação. Por conseguinte, as confiabilidades dos bits médias podem ser manipuladas de uma maneira desejada e a média tirada para aumentar o desempenho do decodificador FEC no receptor.

[0017] Para um entendimento mais profundo da presente invenção, as concretizações preferidas serão descritas a seguir com referência aos desenhos em anexo.

[0018] A Figura 1 é uma constelação de sinais exemplificativa para ilustrar um esquema de modulação 16 QAM com símbolos de bits codificados por Gray.

[0019] A Figura 2 mostra quatro exemplos para constelações de sinais para um esquema de modulação 16 QAM com símbolos de bits codificados por Gray.

[0020] A Figura 3 mostra uma constelação de sinais exemplificativa para símbolos de bits codificados por Gray 64-QAM.

[0021] A Figura 4 mostra seis constelações de sinais exemplificativas para símbolos de bits codificados por Gray 64-QAM.

[0022] A Figura 5 é uma concretização exemplificativa de um sistema de comunicação no qual o método relacionado com a invenção é empregado.

[0023] A Figura 6 explica os detalhes da unidade de mapeamento mostrada na Figura 5.

[0024] Para um melhor entendimento das concretizações, vai-se descrever a seguir o conceito de uma relação de probabilidade logarítmica (LLR), como uma métrica para as confiabilidades dos bits. Primeiro, o cálculo direto das LLRs dos bits dentro dos símbolos mapeados para uma única transmissão vai ser mostrado. Depois, o cálculo LLR vai ser estendido ao caso de transmissões múltiplas.

Transmissão única

[0025] A LLR média do i^o bit b_n^i , sob a restrição de que o símbolo s_n foi transmitido para uma transmissão por um canal com ruído gaussiano branco aditivo (AWGN) e símbolos igualmente prováveis produz

$$LLR_{b_n^i|r_n}(r_n) = \log \left[\sum_{(m|b_m^i=b_n^i)} e^{-\frac{E_s}{N_0} d_{n,m}^2} \right] - \log \left[\sum_{(m|b_m^i \neq b_n^i)} e^{-\frac{E_s}{N_0} d_{n,m}^2} \right], \quad (1)$$

[0026] em que $r_n = s_n$ denota o símbolo recebido médio sob a restrição que o símbolo s_n tenha sido transmitido (caso AWGN), $d_{n,m}^2$ denota o quadrado da distância euclidiana entre o símbolo recebido r_n e o símbolo s_m , e E_s/N_0 denota a relação sinal-para-ruído observada.

[0027] Pode-se notar da Equação (1) que a LLR depende da razão sinal-para-ruído E_s/N_0 e das distâncias euclidianas $d_{n,m}$ entre os pontos das constelações de sinais.

Transmissões múltiplas

[0028] Considerando as transmissões múltiplas, a LLR média, após a k^a transmissão do i^o bit b_n^i , sob a restrição que os símbolos $s_n^{(j)}$ tenham sido transmitidos pelos canais AWGN independentes e símbolos de probabilidades iguais, produz

$$LLR_{b_n^i|\bigcap_{j=1}^k r_n^{(j)}}(r_n^{(1)}, r_n^{(2)}, \dots, r_n^{(k)}) = \log \left[\sum_{(m|b_m^i=b_n^i)} e^{-\sum_{j=1}^k \left(\frac{E_s}{N_0} \right)^{(j)} \cdot (d_{n,m}^{(j)})^2} \right] - \log \left[\sum_{(m|b_m^i \neq b_n^i)} e^{-\sum_{j=1}^k \left(\frac{E_s}{N_0} \right)^{(j)} \cdot (d_{n,m}^{(j)})^2} \right], \quad (2)$$

[0029] em que j denota o j^a transmissão (retransmissão $(j - 1)^a$). Analogamente ao caso de transmissão única, as LLRs médias dependem das relações sinal-para-ruído e das distâncias euclidianas em cada momento de transmissão.

[0030] Se nenhuma redistribuição da constelação é feita, as distâncias euclidianas $d_{n,m}^{(j)} = d_{n,m}^{(1)}$ são constantes para todas as transmissões e, por conseguinte, as confiabilidades dos bits (LLRs) após as transmissões vão ser definidas pela relação sinal-para-ruído observa-

da em cada momento de transmissão e pelos pontos da constelação de sinais da primeira transmissão. Para os esquemas de modulação de nível mais alto (mais do que 2 bits por símbolo), isso resulta em LLRs médias variáveis para os bits, o que leva, por sua vez, a diferentes confiabilidades dos bits médias. As diferenças nas confiabilidades médias se mantêm em todas as retransmissões e levam a uma degradação no desempenho do decodificador.

Estratégia 16-QAM

[0031] A seguir, o caso de um sistema 16-QAM vai ser considerado exemplificativamente, resultando em 2 bits altamente confiáveis e 2 bits de baixa confiabilidade, em que a confiabilidade dos bits de baixa confiabilidade depende da transmissão de um 1 ou um 0 (consultar a Figura 1). Por conseguinte, existe um total de 3 níveis de confiabilidade.

[0032] Nível 1 (alta confiabilidade, 2 bits): Mapeamento de bits para uns (zeros) separados no meio espaço real positivo (negativo) para os i bits e o meio espaço imaginário para os q bits. Aqui, não há diferença se os uns são mapeados para o espaço positivo ou negativo.

[0033] Nível 2 (baixa confiabilidade, 2 bits): Uns (zeros) são mapeados para colunas internas (externas) para os i bits ou para as fileiras internas (externas) para os q bits. Uma vez que há uma diferença para a LLR dependente do mapeamento para as colunas e fileiras internas (externas), o Nível 2 é classificado ainda:

[0034] Nível 2a: Mapeamento de i_n para as colunas internas e q_n para as fileiras internas, respectivamente.

[0035] Nível 2b: Mapeamento invertido do Nível 2a: Mapeamento de i_n para as colunas externas e q_n para as fileiras externas, respectivamente.

[0036] Para garantir um processo de cálculo de média ótimo pelas transmissões para todos os bits, os níveis de confiabilidade têm que

ser alterados por alteração das constelações de sinais de acordo com os algoritmos apresentados na seção a seguir.

[0037] Tem-se que considerar que a ordem de mapeamento dos bits é aberta antes da transmissão inicial, mas tem que se manter pelas retransmissões, por exemplo, o mapeamento de bits para a transmissão inicial: $i_1q_1i_2q_2 \Rightarrow$ mapeamento de bits de todas as retransmissões: $i_1q_1i_2q_2$.

[0038] Para a implantação do sistema efetivo, há várias constelações de sinais possíveis para obter o processo de cálculo da média em todas as retransmissões. Alguns exemplos para as possíveis constelações são mostrados na Figura 2. As confiabilidades dos bits resultantes de acordo com a Figura 2 são apresentadas na Tabela 1.

Constelação	bit i_1	bit q_1	bit i_2	bit q_2
1	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)	baixa confiabilidade (nível 2b)	baixa confiabilidade (nível 2b)
2	baixa confiabilidade (nível 2a)	baixa confiabilidade (nível 2a)	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)
3	baixa confiabilidade (nível 2b)	baixa confiabilidade (nível 2b)	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)
4	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)	baixa confiabilidade (nível 2a)	baixa confiabilidade (nível 2a)

Tabela 1. Confiabilidades dos bits para 16-QAM de acordo com as constelações dos sinais mostradas na Figura 2

[0039] Além disso, a Tabela 2 proporciona alguns exemplos de como combinar as constelações para as transmissões 1 a 4 (usando 4 diferentes mapeamentos).

Trans- missão N ^o	Esquema 1 (com constela- ções)	Esquema 2 (com conste- lações)	Esquema 3 (com conste- lações)	Esquema 4 (com conste- lações)
1	1	1	1	1
2	2	2	3	3
3	3	4	2	4
4	4	3	4	2

Tabela 2. Exemplos para estratégias de redistribuição de constelações para 16-QAM (usando 4 mapeamentos) com constelações de sinais de acordo com a Figura 2 e confiabilidades dos bits de acordo com a Tabela 1.

[0040] Dois algoritmos são apresentados, que descrevem os esquemas usando 2 ou 4 mapeamentos totais. A abordagem usando 2 mapeamentos resulta em menos complexidade do sistema, embora tenha alguma degradação do desempenho com relação à abordagem usando 4 mapeamentos. O mapeamento para os i e q bits pode ser feito independentemente e, por conseguinte, a seguir apenas o mapeamento para os bits i é descrito. Os algoritmos para os bits q funcionam analogamente.

Algoritmos 16-QAM

[0041] Usando 2 mapeamentos

[0042] Etapa (1. Transmissão)

[0043] Selecionar nível 1 para $i_1 \Rightarrow$ nível 2 para i_2 - seleção livre se 2a ou 2b

1. Mapeamento definido

[0044] Etapa (2. Transmissão)

[0045] Selecionar Nível 1 para $i_2 \Rightarrow$ Nível 2 para i_1 - seleção livre se 2a ou 2b

2. Mapeamento definido

[0046] Etapa

[0047] Opções:

[0048] Ir para 1. Etapa e prosseguir com alternância entre 1. e 2. Mapeamento

[0049] Usar 2. Mapeamento e prosseguir usando 2 vezes 1. Mapeamento 2 vezes 2. Mapeamento e assim por diante ...

[0050] Usando 3 mapeamentos

[0051] Etapa (1. Transmissão)

[0052] Selecionar Nível 1 para $i_2 \Rightarrow$ Nível 2 para i_2 - seleção livre se 2a ou 2b

1. Mapeamento definido

[0053] Etapa (2. Transmissão)

[0054] Selecionar nível 1 para $i_2 \Rightarrow$ nível 2 para i_1 - seleção livre se 2a ou 2b

2. Mapeamento definido

[0055] Etapa (3. Transmissão)

[0056] Opções:

[0057] Selecionar nível 1 para $i_1 \Rightarrow$ nível 2 para i_2 , com as seguintes opções

[0058] (a1) se em 1. Transmissão 2a foi usada, então usar 2b

[0059] (a2) se em 1. Transmissão 2b foi usada, então usar 2b

[0060] (b) Selecionar nível 1 para $i_2 \Rightarrow$ nível 2 para i_1 , com as seguintes opções

[0061] (b1) se em 2. Transmissão 2a foi usada, então usar 2b

[0062] (b2) se em 2. Transmissão 2b foi usada, então usar 2b

3. Mapeamento definido

[0063] 4. Etapa (4. Transmissão)

[0064] se opção (a) na 3. Etapa

[0065] Selecionar nível 1 para $i_2 \Rightarrow$ nível 2 para i_1 com as seguintes opções

[0066] (a1) se em 2. Transmissão 2a foi usada, então usar 2b

- [0067] (a2) se em 2. Transmissão 2b foi usada, então usar 2a
- [0068] se opção (b) em 3. Etapa
- [0069] Selecionar nível 1 para $i_1 \Rightarrow$ nível 2 para i_2 com as seguintes opções
- [0070] (a1) se em 1. Transmissão 2a foi usada, então usar 2b
- [0071] (a2) se em 1. Transmissão 2b foi usada, então usar 2a

4. Mapeamento definido

- [0072] 5. Etapa (5., 9., 13., ... Transmissão)
- [0073] Selecionar um dos 4 mapeamentos definidos
- [0074] 6. Etapa (6., 10., 14., ... Transmissão)
- [0075] Selecionar um dos 4 mapeamentos definidos, exceto
- [0076] o mapeamento usado em 5. Etapa (transmissão prévia)
- [0077] o mapeamento propiciando confiabilidade Nível 1 para o mesmo bit como na transmissão prévia
- [0078] 7. Etapa (7., 11., 15., ... Transmissão)
- [0079] Selecionar um dos 2 mapeamentos remanescentes não usados nas últimas 2 transmissões
- [0080] 8. Etapa (8., 12., 16., ... Transmissão)
- [0081] Selecionar mapeamento não usado nas últimas 3 transmissões
- [0082] 9. Etapa
- [0083] Ir para 5. Etapa

Estratégia 64-QAM

- [0084] No caso de um sistema 64-QAM, vai haver 2 bits de confiabilidade alta, 2 de confiabilidade média e 2 de baixa confiabilidade, em que para os bits de confiabilidades baixa e média, a confiabilidade depende da transmissão de um um ou um zero (consultar a Figura 3). Por conseguinte, no total existem 5 níveis de confiabilidades.
- [0085] Nível 1 (Alta confiabilidade, 2 bits): Mapeamento de bits para uns (zeros) separados no meio espaço real positivo (negativo) para

os i bits e o meio espaço imaginário para os q bits. Aqui, não há diferença se os uns são mapeados para o meio espaço positivo ou negativo.

[0086] Nível 2 (Confiabilidade média, 2 bits): Os uns (zeros) são mapeados as 4 colunas internas e 2 x 2 externas para os bits i , ou para as 4 fileiras internas e 2 x 2 externas para os bits q . Uma vez que há uma diferença para a LLR dependente do mapeamento para coluna / fileira internas ou externas, o Nível 2 é classificado ainda:

[0087] Nível 2a: Mapeamento de i_n para as 4 colunas internas e q_n para as 4 fileiras internas, respectivamente.

[0088] Nível 2b: Mapeamento invertido de 2a: i_n para as colunas externas e q_n para as fileiras externas, respectivamente.

[0089] Nível 3 (Baixa confiabilidade, 2 bits): Uns (zeros) são mapeados para as colunas 1 - 4 - 5 - 8 / 2 - 3 - 6 - 7 para os i bits ou para as fileiras 1 - 4 - 5 - 8 / 2 - 3 - 6 - 7 para os q bits. Uma vez que há uma diferença para a LLR, dependendo no mapeamento para as colunas / fileiras 1 - 4 - 5 - 8 / 2 - 3 - 6 - 7, o Nível 3 é ainda classificado:

[0090] Nível 3a: Mapeamento de i_n para as colunas 2 - 3 - 6 - 7 e q_n para as fileiras 2 - 3 - 6 - 7, respectivamente.

[0091] Nível 3b: Mapeamento invertido de 2a: i_n para as colunas 1 - 4 - 5 - 8 e q_n para as fileiras 1 - 4 - 5 - 8, respectivamente.

[0092] Para garantir um processo ótimo para o cálculo da média pelas transmissões para todos os bits, os níveis de confiabilidade têm que ser alterados por mudança das constelações de sinais de acordo com os algoritmos apresentados na seção seguinte.

[0093] Tem-se que considerar que a ordem de mapeamento dos bits é aberta antes da transmissão inicial, mas tem que se manter pelas retransmissões, por exemplo, mapeamento de bits para a transmissão inicial: $i_1q_1i_2q_2i_3q_3 \Rightarrow$ mapeamento de bits para todas as retransmissões: $i_1q_1i_2q_2i_3q_3$.

[0094] Análogo ao 16-QAM para a implementação atual do sistema, há várias constelações de sinais possíveis para obter o processo de cálculo da média pelas retransmissões. Alguns exemplos para as possíveis constelações são mostrados na Figura 4. As confiabilidades dos bits resultantes de acordo com a Figura 4 são apresentadas na Tabela 3.

Constelação	bit i_1	bit q_1	bit i_2	bit q_2	bit i_3	bit q_3
1	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)	Confiabilidade intermediária (nível 2b)	Confiabilidade intermediária (nível 2b)	baixa confiabilidade (nível 3b)	baixa confiabilidade (nível 3b)
2	baixa confiabilidade (nível 3b)	baixa confiabilidade (nível 3b)	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)	Confiabilidade intermediária (nível 2b)	Confiabilidade intermediária (nível 2b)
3	Confiabilidade intermediária (nível 2b)	Confiabilidade intermediária (nível 2b)	baixa confiabilidade (nível 3b)	baixa confiabilidade (nível 3b)	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)
4	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)	Confiabilidade intermediária (nível 2a)	Confiabilidade intermediária (nível 2a)	baixa confiabilidade (nível 3a)	baixa confiabilidade (nível 3a)
5	baixa confiabilidade (nível 3a)	baixa confiabilidade (nível 3a)	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)	Confiabilidade intermediária (nível 2a)	Confiabilidade intermediária (nível 2a)
6	Confiabilidade intermediária (nível 2a)	Confiabilidade intermediária (nível 2a)	baixa confiabilidade (nível 3a)	baixa confiabilidade (nível 3a)	alta confiabilidade (nível 1)	alta confiabilidade (nível 1)

Tabela 3. Confiabilidades dos bits para 64-QAM de acordo com as constelações de sinais mostradas na Figura 4.

[0095] Além disso, a Tabela 4 proporciona alguns exemplos de como combinar as constelações para as transmissões 1 a 6 (usando 6 diferentes mapeamentos).

Transmis- são N ^o	Esquema 1 (com conste- lações)	Esquema 2 (com conste- lações)	Esquema 3 (com conste- lações)	Esquema 4 (com conste- lações)
1	1	1	1	1
2	2	3	5	3
3	3	2	6	2
4	4	4	4	6
5	5	5	2	5
6	6	6	3	4

[0096] Tabela 4. Exemplos para estratégias de redistribuição de constelações para 16-QAM (usando 6 mapeamentos) com constelações de sinais de acordo com a Figura 4 e confiabilidades dos bits de acordo com a Tabela 3.

[0097] Dois algoritmos são apresentados, que descrevem os esquemas usando 3 ou 6 mapeamentos totais. A abordagem usando 3 mapeamentos resulta em menos complexidade do sistema, embora tenha alguma degradação do desempenho com relação à abordagem usando 6 mapeamentos. O mapeamento para os i e q bits pode ser feito independentemente e, por conseguinte, a seguir apenas o mapeamento para os bits i é descrito. Os algoritmos para os bits q funcionam analogamente.

Algoritmos 16-QAM

[0098] Usando 3 mapeamentos

[0099] Etapa (1. Transmissão)

[00100] Etapa (1. Transmissão)

[00101] Selecionar nível 1 para i_1

[00102] Selecionar nível 2 para i_2 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_3 - seleção livre se 3a ou 3b

1. Mapeamento definido

[00103] Etapa (2. Transmissão)

[00104] Opções:

[00105] Selecionar Nível 1 para i_2

[00106] Selecionar Nível 2 para i_3 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_1 - seleção livre se 3a ou 3b

[00107] (b) Selecionar Nível 1 para i_3

[00108] Selecionar Nível 2 para i_1 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_2 - seleção livre se 3a ou 3b

2. Mapeamento definido

[00109] Etapa (3. Transmissão)

[00110] se (a) na 2. Etapa

[00111] Selecionar Nível 1 para i_3

[00112] Selecionar Nível 2 para i_1 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_2 - seleção livre se 3a ou 3b

[00113] se (b) na 2. Etapa

[00114] Selecionar Nível 1 para i_2

[00115] Selecionar Nível 2 para i_3 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_1 - seleção livre se 3a ou 3b

3. Mapeamento definido

[00116] 4. Etapa (4. , 7., 10., ... Transmissão)

[00117] Selecionar um dos 3 mapeamentos definidos

[00118] 5. Etapa (5. , 8., 11., ... Transmissão)

[00119] Selecionar um dos 3 mapeamentos definidos, exceto o mapeamento usado na transmissão anterior.

[00120] 6. Etapa (6. , 9., 12., ... Transmissão)

[00121] Selecionar um dos 3 mapeamentos definidos, exceto o mapeamento usado nas 2 últimas transmissões.

[00122] 7. Etapa

[00123] Ir para 4. Etapa

[00124] B. Usando 6 Mapeamentos

[00125] Etapa (1. Transmissão)

[00126] Selecionar Nível 1 para i_1

[00127] Selecionar Nível 2 para i_2 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_3 - seleção livre se 3a ou 3b

1. Mapeamento definido

[00128] Etapa (2. Transmissão)

[00129] Opções:

[00130] Selecionar Nível 1 para i_2

[00131] Selecionar Nível 2 para i_3 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_1 - seleção livre se 3a ou 3b

[00132] (b) Selecionar Nível 1 para i_3

[00133] Selecionar Nível 2 para i_1 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_2 - seleção livre se 3a ou 3b

2. Mapeamento definido

[00134] Etapa (3. Transmissão)

[00135] se (a) na 2. Etapa

[00136] Selecionar Nível 1 para i_3

[00137] Selecionar Nível 2 para i_1 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_2 - seleção livre se 3a ou 3b

[00138] se (b) na 2. Etapa

[00139] Selecionar Nível 1 para i_2

[00140] Selecionar Nível 2 para i_3 (seleção livre se 2a ou 2b) $\Rightarrow$ Nível 3 para i_1 - seleção livre se 3a ou 3b

3. Mapeamento definido

[00141] 4. Etapa (4. Transmissão)

[00142] Selecionar Nível 1 para um bit de i_1 , i_2 ou i_3

[00143] Selecionar Nível 2 para um dos dois bits remanescentes com as seguintes restrições:

[00144] (a1) se em uma da transmissão prévia, 2a tiver sido usado

para esse bit, então usar 2b

[00145] (a2) se em uma da transmissão prévia, 2b tiver sido usado para esse bit, então usar 2a

[00146] Nível 3 para o bit remanescente com as seguintes restrições:

[00147] (b1) se em uma da transmissão prévia, 3a tiver sido usado para esse bit, então usar 3b

[00148] (b2) se em uma da transmissão prévia, 3b tiver sido usado para esse bit, então usar 3a

4. Mapeamento definido

[00149] 5. Etapa (5. Transmissão)

[00150] Selecionar Nível 1 para um bit de dois bits não tendo Nível 1 na 4. Etapa

[00151] Selecionar Nível 2 para um dos dois bits não tendo Nível 2 em 4. Etapa com as seguintes restrições:

[00152] (a1) se em uma da transmissão prévia, 2a tiver sido usado para esse bit, então usar 2b

[00153] (a2) se em uma da transmissão prévia, 2b tiver sido usado para esse bit, então usar 2a

[00154] Nível 3 para o bit remanescente com as seguintes restrições:

[00155] (b1) se em uma da transmissão prévia, 3a tiver sido usado para esse bit, então usar 3b

[00156] (b2) se em uma da transmissão prévia, 3b tiver sido usado para esse bit, então usar 3a

5. Mapeamento definido

[00157] 6. Etapa (6. Transmissão)

[00158] Selecionar Nível 1 para bit não tendo Nível 1 na 4. Etapa e 5. Etapa

[00159] Selecionar Nível 2 para bit não tendo Nível 2 em 4. Etapa e

5. Etapa com as seguintes restrições:

[00160] (a1) se em uma da transmissão prévia, 2a tiver sido usado para esse bit, então usar 2b

[00161] (a2) se em uma da transmissão prévia, 2b tiver sido usado para esse bit, então usar 2a

[00162] Nível 3 para o bit remanescente com as seguintes restrições:

[00163] (b1) se em uma da transmissão prévia, 3a tiver sido usado para esse bit, então usar 3b

[00164] (b2) se em uma da transmissão prévia, 3b tiver sido usado para esse bit, então usar 3a

6. Mapeamento definido

[00165] 7. Etapa (7., 13., 19., ... Transmissão)

[00166] Selecionar um dos 6 mapeamentos definidos

[00167] 8. Etapa (8., 14., 20., ... Transmissão)

[00168] Selecionar um dos 6 mapeamentos definidos, exceto:

[00169] o mapeamento usado na 7. Etapa (transmissão prévia)

[00170] o mapeamento proporcionando confiabilidade de Nível 1 para o mesmo bit como na transmissão prévia

[00171] 9. Etapa (9., 15., 21., ... Transmissão)

[00172] Selecionar um dos 6 mapeamentos definidos proporcionando confiabilidade de Nível 1 para o bit não tendo Nível 1 nas 2 últimas transmissões

[00173] 10. Etapa (10., 16., 22., ... Transmissão)

[00174] Selecionar um dos 3 mapeamentos remanescentes não usados nas 3 últimas transmissões

[00175] 11. Etapa (11., 17., 23., ... Transmissão)

[00176] Selecionar um dos 2 mapeamentos remanescentes não usados nas 4 últimas transmissões

[00177] 12. Etapa (12., 18., 24., ... Transmissão)

[00178] Selecionar mapeamento remanescente não usado nas 5 últimas transmissões

[00179] 13. Etapa

[00180] Ir para 7. Etapa

[00181] A Figura 5 mostra uma concretização exemplificativa de um sistema de comunicação ao qual a presente invenção pode ser aplicada. Mais especificamente, o sistema de comunicação compreende um transmissor 10 e um receptor 20, que se comunicam por um canal 30, que pode ser ligado por fio ou sem fio, isto é, uma interface de ar. De uma fonte de dados 11, os pacotes de dados são fornecidos a um codificador FEC 12, no qual os bits de redundância são adicionados para corrigir erros. Os n bits transmitidos do decodificador FEC são fornecidos subsequentemente a uma unidade de mapeamento 13, agindo como um modulador para transmitir símbolos formados de acordo com o esquema de modulação aplicado armazenado como um modelo de constelação em uma tabela 15. Após transmissão pelo canal 30, o receptor 20 checa os pacotes de dados recebidos, por exemplo, por meio de um cheque de redundância cíclica (CRC) para correção. Se os dados recebidos são errôneos, os mesmos são armazenados em um buffer temporário 22, para combinação suave subsequente com os pacotes de dados transmitidos.

[00182] Uma retransmissão é lançada por um pedido de repetição automático emitido por um detector de erro (não-mostrado), com o resultado de que um pacote de dados idêntico é transmitido do transmissor 10. Na unidade de combinação 21, os pacotes de dados errôneos recebidos previamente são combinados suave com os pacotes de dados retransmitidos. A unidade de combinação 21 também age como um desmodulador e o mesmo modelo de constelação de sinais, armazenado na Tabela 15, é usado para desmodular o símbolo que foi usado durante a modulação desse símbolo.

[00183] Como ilustrado na Figura 6, a Tabela 15 armazena vários modelos de constelação de sinais, que são selecionados para as (re)transmissões individuais de acordo com um esquema predeterminado. O esquema, isto é, a sequência de modelos de constelação de sinais usados para modular / desmodular são pré-armazenados no transmissor e no receptor ou são sinalizados pelo transmissor para o receptor antes de uso.

[00184] Como mencionado acima, o método relativo à invenção re-dispõe os modelos de constelação de sinais para as (re)transmissões individuais de acordo com um esquema predeterminado, de modo que as confiabilidades dos bits médias são transformadas em média. Por conseguinte, o desempenho do decodificador FEC 23 é significativamente aperfeiçoado, resultando em uma transmissão de taxa de erro de bit (BER) baixa do decodificador.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de retransmissão de ARQ híbrido em um sistema de comunicação, em que os pacotes de dados sendo codificados com uma técnica de correção antecipada de erro (FEC) antes da transmissão, são retransmitidos com base em um pedido de repetição automático e, subsequentemente, combinados suavemente com pacotes de dados errôneos recebidos (22) previamente em uma base símbolo-por-símbolo ou uma base bit-por-bit, os símbolos dos pacotes de dados errôneos sendo modulados empregando uma primeira constelação de sinais predeterminada e os símbolos dos pacotes de dados retransmitidos sendo modulados empregando pelo menos uma segunda constelação de sinais predeterminada, cada bit de símbolo tendo uma confiabilidade de bit média definida pelas confiabilidades de bits individuais por todos os símbolos da constelação de sinais predeterminada, caracterizado pelo fato de que:

a primeira e pelo menos a segunda constelações de sinais predeterminadas para os pacotes de dados são selecionadas de modo que as confiabilidades médias dos bits para os respectivos bits de todas as transmissões são transformadas em média;

o esquema de modulação empregado é 16 QAM, e em que, durante a modulação, um dos dois níveis de confiabilidades médias dos bits é atribuído a cada um dos quatro bits de símbolo;

em que, durante a modulação, empregando a primeira constelação de sinais, são atribuídos a dois bits de um símbolo uma alta confiabilidade média de bit e são atribuídos a dois bits remanescentes do símbolo uma baixa confiabilidade média de bit, e que durante a modulação empregando a segunda constelação de sinais, confiabilidades médias de bits invertidas são atribuídas aos respectivos bits de símbolo.

2. Método de retransmissão, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as respectivas distâncias Euclidianas entre pelo menos dois símbolos modulados das primeira e segunda constelações de sinais, respectivamente, são diferentes.

3. Método de retransmissão, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de que o esquema de modulação empregado é a Modulação de Amplitude em Quadratura (QAM), em que mais do que dois bits são mapeados em um símbolo.

4. Método de retransmissão, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os bits de símbolo dos pacotes de dados são codificados em códigos Gray.

5. Receptor (20) em um sistema de comunicação configurado para realizar o método, conforme definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um meio de tabela (15) para armazenar o primeiro e pelo menos o segundo modelo de constelação de sinais.

6. Receptor, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o receptor (20) compreende ainda um meio de armazenamento para armazenar a sequência de constelações de sinais empregados para modular os bits de símbolo durante todas as (re)transmissões.

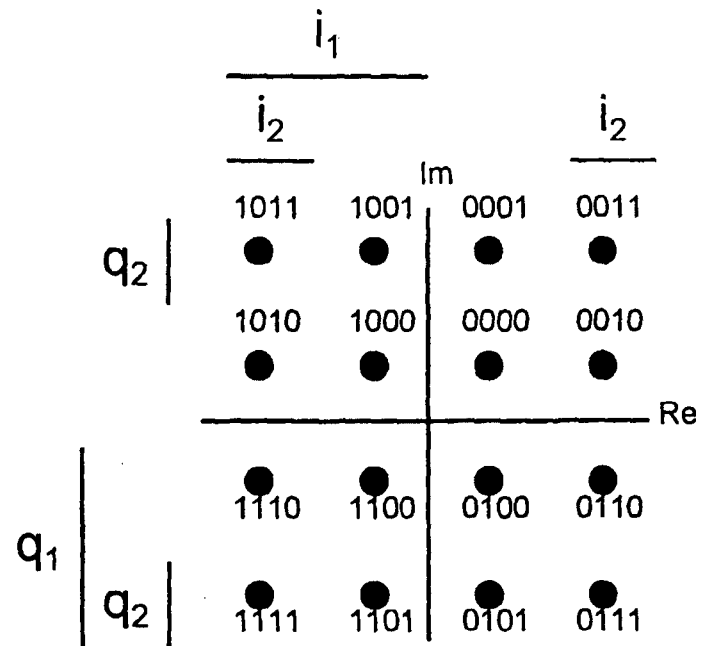
7. Transmissor (10) em um sistema de comunicação configurado para realizar o método, conforme definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um meio de tabela (15) para armazenar o primeiro e pelo menos o segundo modelos de constelação de sinais.

8. Transmissor, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um meio para sinalizar a sequência de constelações de sinais empregados para modular os bits de símbolo para todas as (re)transmissões para o receptor (20).

		i_1			
		i_2		i_2	
q_2		1011	1001	0001	0011
		●	●	●	●
q_1		1010	1000	0000	0010
		●	●	●	●
q_1		1110	1100	0100	0110
		●	●	●	●
q_2		1111	1101	0101	0111
		●	●	●	●

Fig. 1

Constelação 1



Constelação 2

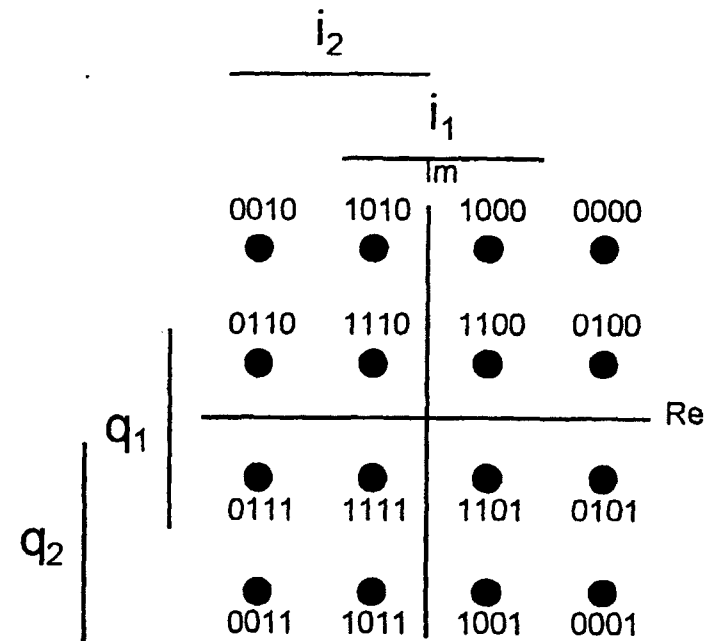
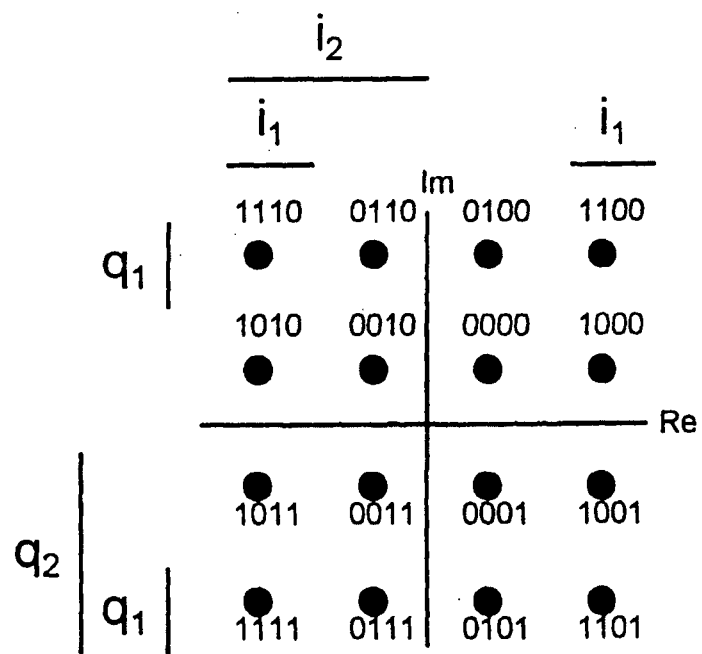


Fig. 2 a

Constelação 3



Constelação 4

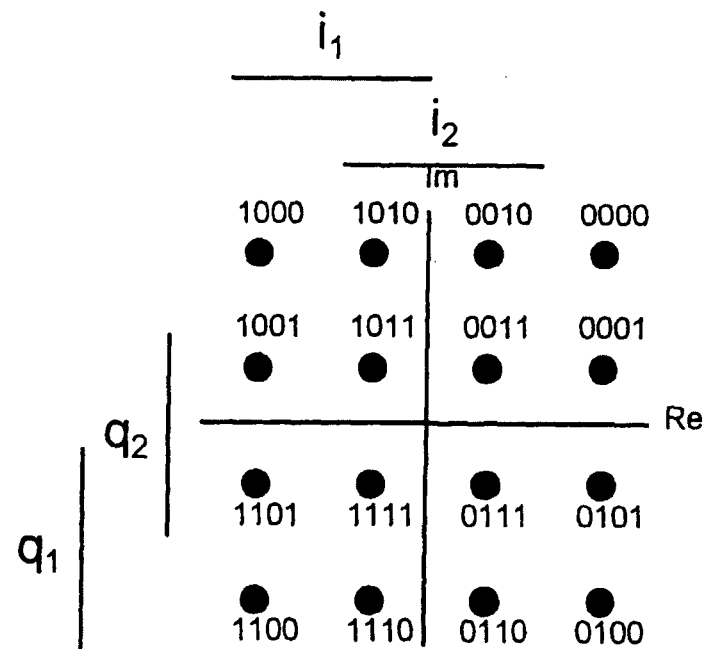


Fig. 2 b

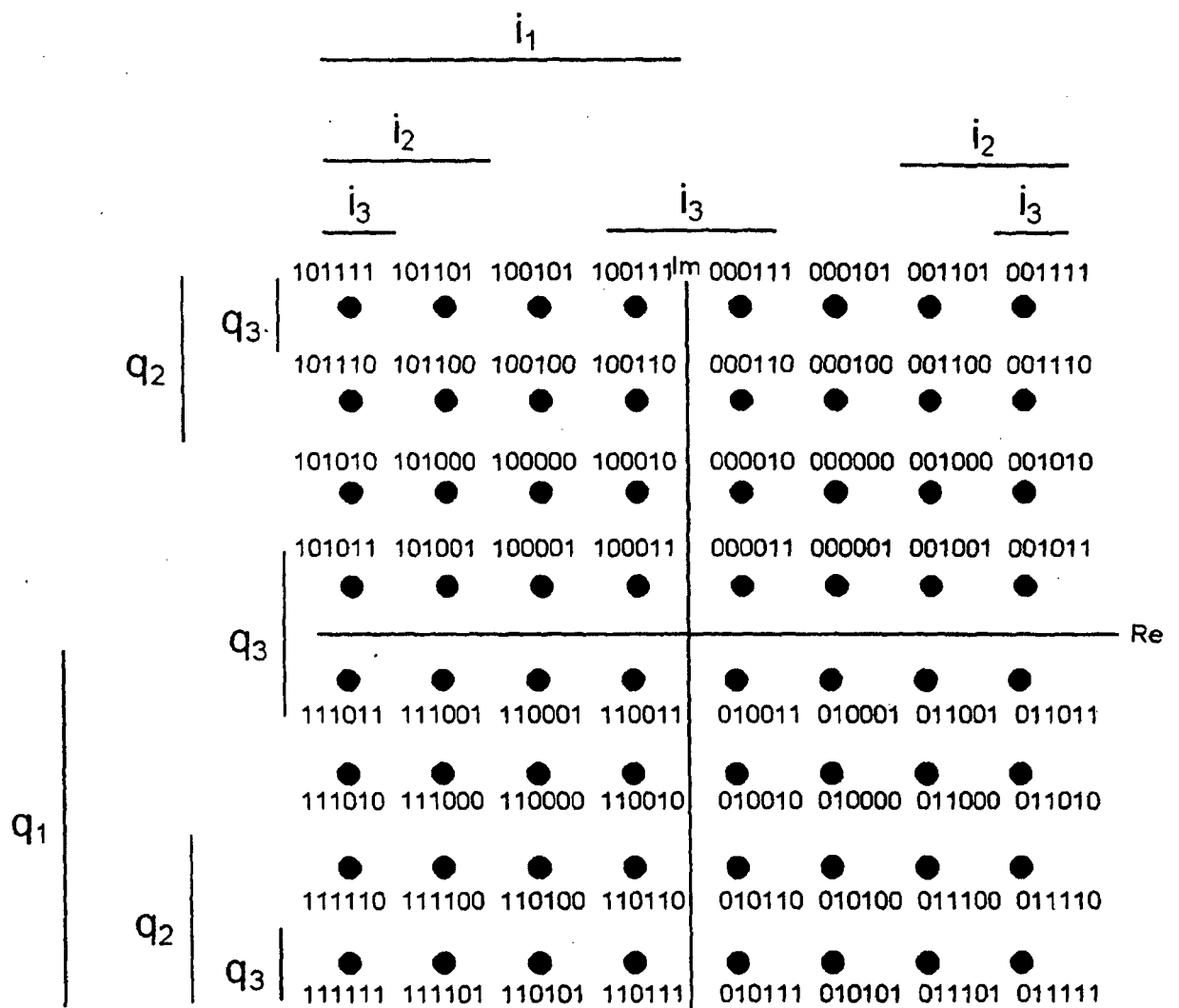


Fig. 3

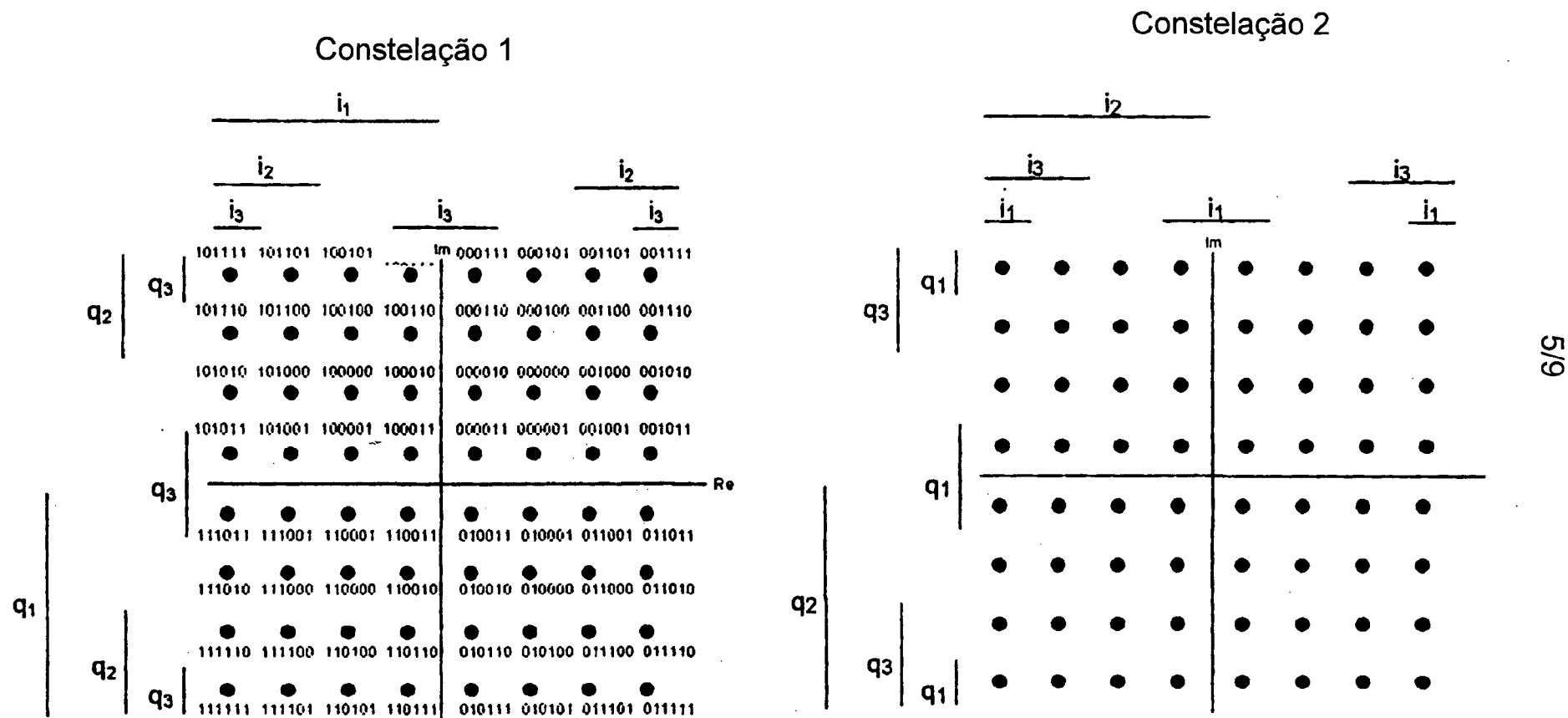


Fig. 4 a

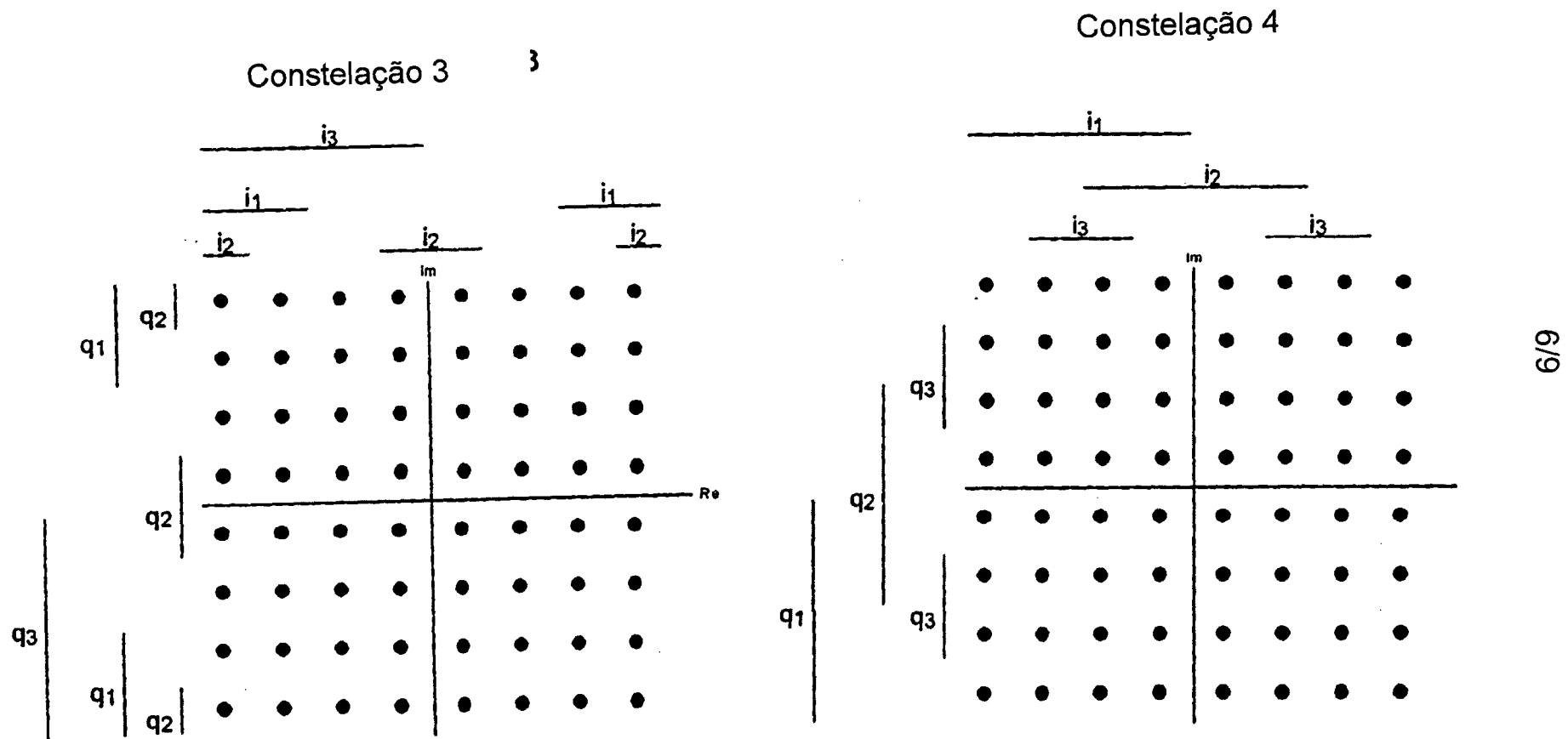


Fig. 4 b

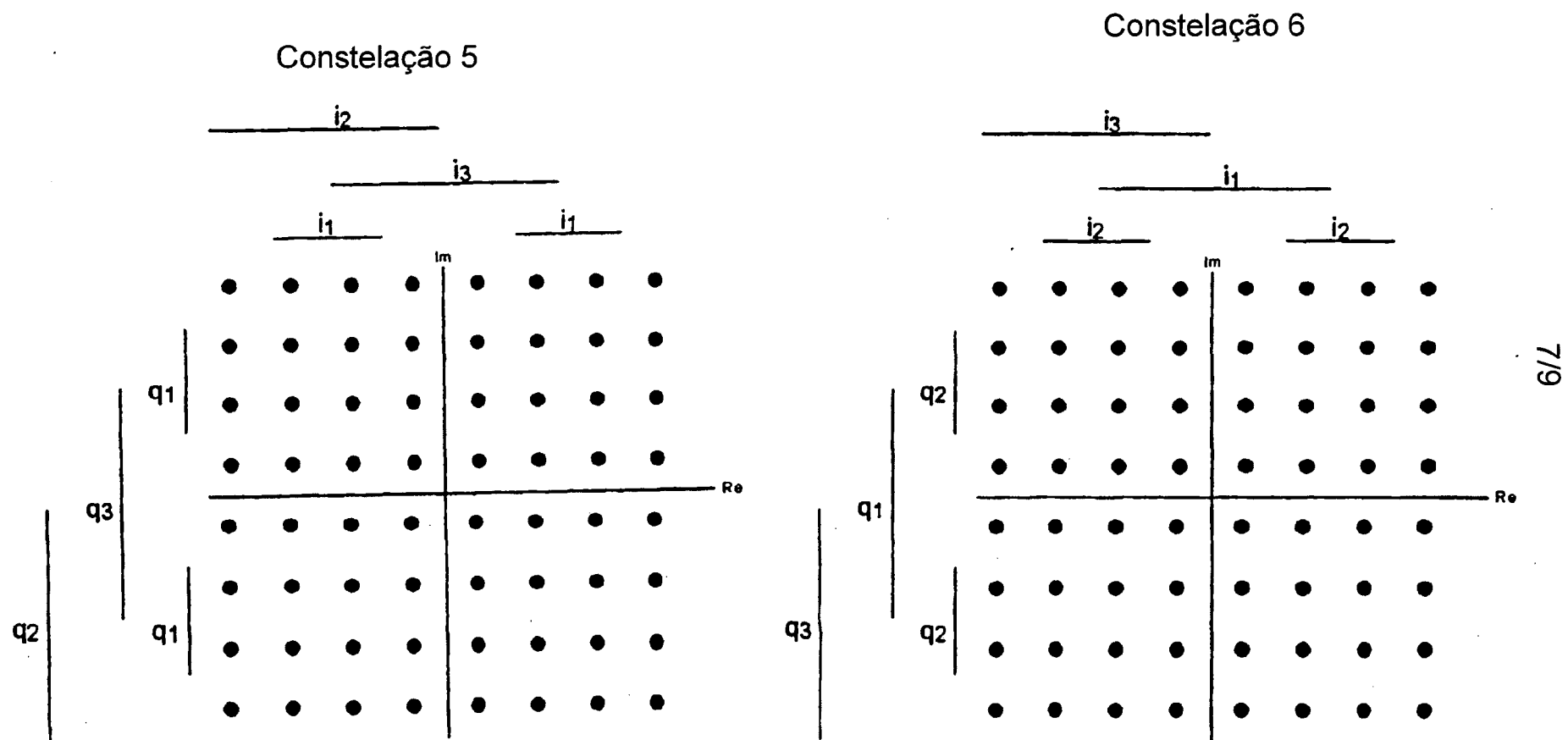
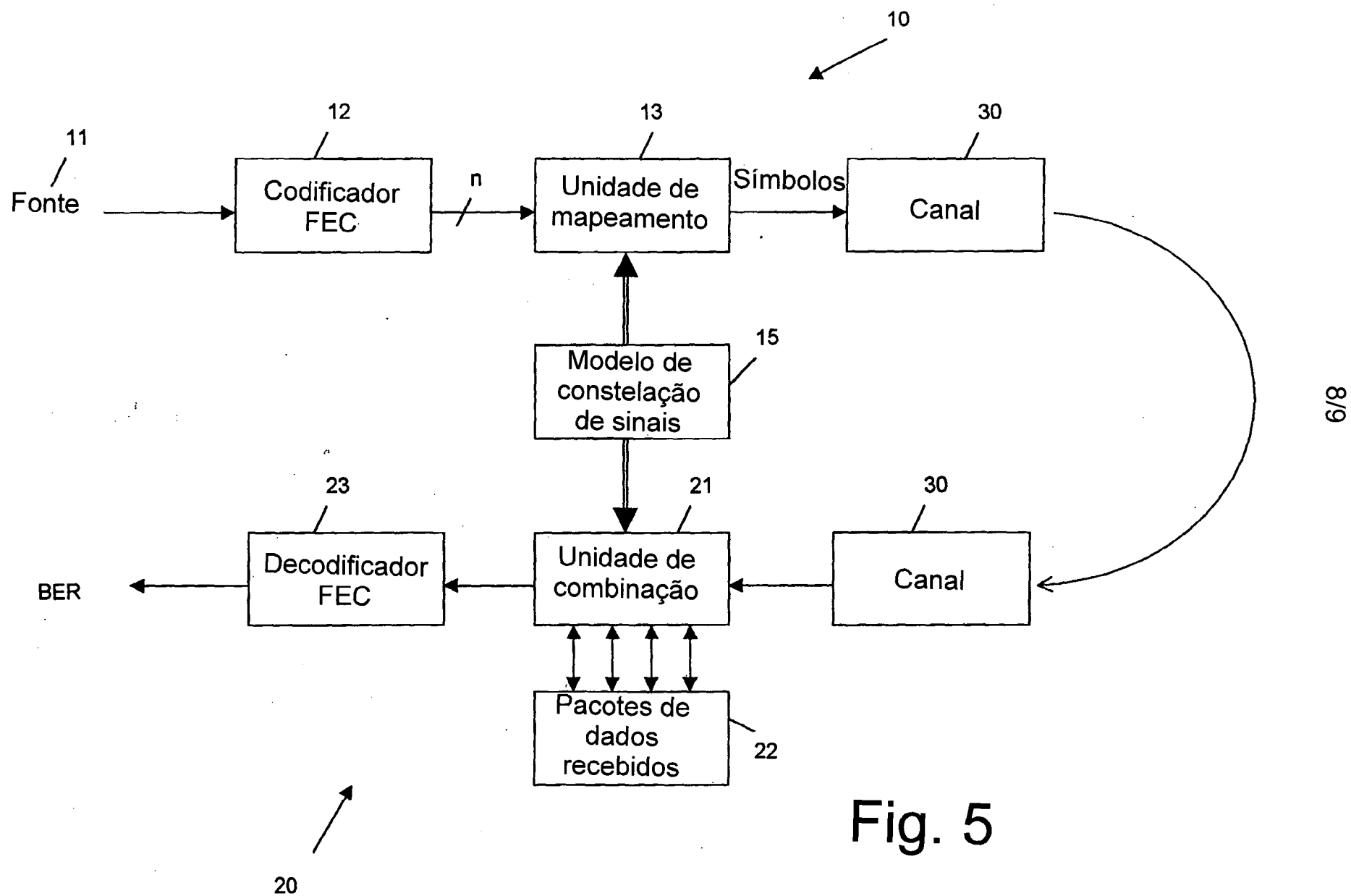


Fig. 4 c



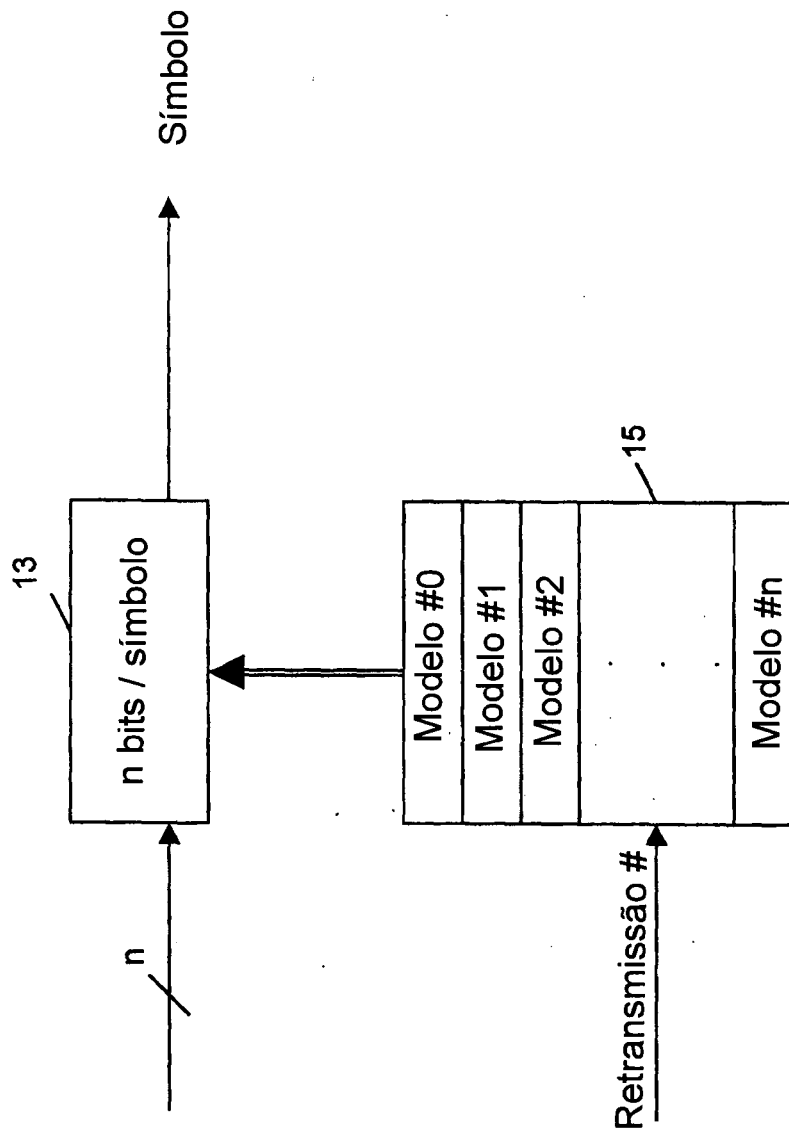


Fig. 6