



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

(21) PI 0720823-5 A2



* B R P I 0 7 2 0 8 2 3 A 2 *

(22) Data de Depósito: 21/12/2007
(43) Data da Publicação: 05/03/2014
(RPI 2252)

(51) *Int.Cl.:*
H04L 1/00
H04L 27/26

(54) Título: INICIALIZAÇÃO DE E MODEM PARA UMA TRANSMISSÃO DE DADOS DE OFDM **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 27/12/2006 EP 06 405544.5

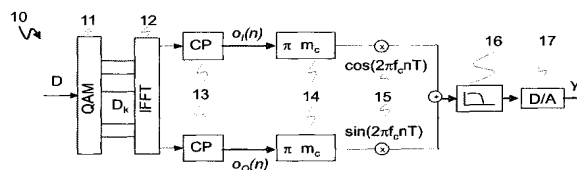
(73) Titular(es): Abb Technology Ag

(72) Inventor(es): Christian Leeb, Dimitri Korobkov, Hans Benninger, Hans-Joerg Maag, Patrick Langfeld, Stefan Ramseier, Vladimir Potapov

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007064481 de 21/12/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/077950de 03/07/2008



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"INICIALIZAÇÃO DE E MODEM PARA UMA TRANSMISSÃO DE DADOS DE OFDM".**

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se ao campo de transmissão de dados de Multiplexação de Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM). Esta refere-se a uma inicialização da transmissão de dados de OFDM para uma eficiência otimizada, e está especificamente adequada para Comunicação de Linha de Energia (PLC) por conexões de comunicação de linha de energia a alta ou média voltagem.

10 ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Para a transmissão de dados digitais, uma transmissão de dados de múltiplos canais baseada em Multiplexação de Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM), também conhecida como Modulação de Múltiplos Tons Discreta (DMT), é um esquema de modulação flexível bem conhecido. A OFDM dispersa os dados a serem transmitidos sobre um grande número de subportadoras ou subcanais compreendidas em uma banda de transmissão e separadas umas das outras por um espaçamento de frequência ou separação de portadora bem definido. A última assegura a ortogonalidade das subportadoras e impede a linha cruzada ou interferência interportadoras entre as subportadoras, isto é, o demodulador para uma subportadora não é afetado pela modulação das outras subportadoras apesar de não existir uma filtragem explícita e seus espectros sobreporem. Os símbolos de modulação de OFDM individuais sobre cada uma das portadoras representam um número de bits que depende da escolha do alfabeto QAM, isto é, a disposição de dados ou pontos de constelação na amplitude de quadratura simples. Por exemplo, 2 bits/símbolo de Comutação de Deslocamento de Fase de Quadratura (QPSK), ou 4 bits/símbolo para 16 QAM (Modulação de Amplitude de Quadratura) são comumente utilizados. Os processos complexos de modular e demodular milhares de portadoras simultaneamente são equivalentes às operações de Transformada de Fourier Discreta, para as quais os algoritmos de Transformada de Fourier Rápida (FFT) eficientes existem.

Uma arquitetura de modem adequada compreende um codifica-

dor para multiplexar, sincronizar, e codificar os dados a serem transferidos, assim como um modulador para formar um sinal de múltiplos tons discreto. O codificador traduz os fluxos de bits que entram em componentes em fase e de quadratura para cada um de uma multiplicidade de subcanais, isto é, o

5 codificador emite um número de sequências de subsímbolos que são iguais ao número de subcanais disponíveis para o sistema. Um monitor de linha na extremidade de receptor verifica repetidamente a qualidade de linha dos subcanais determinando o nível de ruído, o ganho e o deslocamento de fase sobre cada um dos subcanais durante a utilização. A taxa de erro de bit e a

10 razão de sinal para ruído são então utilizadas para determinar dinamicamente a taxa de transmissão de bits que os subcanais podem suportar.

A OFDM é adequada especificamente para a Comunicação de Linha de Energia (PLC). Os canais de linha de energia a alta ou média voltagem são afetados por interferentes, porque os tipos de cabos que são utilizados para a transmissão de energia elétrica não são blindados e portanto

15 são vulneráveis ao ingresso eletromagnético. O cenário de ruído típico nos canais de linha de energia que resulta destes compreende os assim denominados interferentes de banda estreita, isto é, sinais com pequena largura de banda. Além disso, a estrutura heterogênea da rede de linha de energia com numerosas ramificações e descasamentos de impedância causa numerosas reflexões (ecos) e propagação de múltiplos percursos entre o transmissor e o receptor. Na presença de propagação de múltiplos percursos, a

20 função de transferência complexa $h(f)$ de uma conexão de linha de energia entre o transmissor e o receptor é uma soma sobre um número de percursos. Além disso, os cabos de energia exibem uma atenuação de sinal que cresce com o comprimento e o desvanecimento seletivo de frequência.

25

A Interferência Intersímbolos (ISI) é causada pela interação de um símbolo ou forma de onda com outros símbolos no tempo. Uma ISI induzida por múltiplos percursos pode ser reduzida pela provisão de um intervalo de guarda. Cada símbolo de modulação é transmitido por um período de

30 símbolo total T_{OFDM} o qual é mais longo do que um período de símbolo ativo T_{ORTH} por um período denominado o intervalo de guarda T_{GUARD} . Isto implica

em que o receptor não experimentará nenhuma interferência intersímbolos desde que quaisquer ecos presentes no sinal tenham um retardo o qual não exceda o intervalo de guarda. Naturalmente, a adição do intervalo de guarda reduz a capacidade de dados por uma quantidade dependente de seu comprimento, o que proíbe a sua aplicação em um sistema de portadora única.

Na Patente DE 44 02 512 C1, um método para encurtar uma Resposta de Impulso IR de canal está descrito. De modo a encurtar a IR de canal total de um canal de comunicação que compreende um filtro de envio, uma conexão de linha de energia física entre o transmissor e o receptor, e um filtro de entrada ou de recepção, uma função de transferência de filtro de recepção é sintetizada após a estimativa de canal durante um procedimento de estabelecimento de comunicação.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

É portanto um objetivo da invenção otimizar uma eficiência de uma transmissão de dados de Multiplexação de Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM), especificamente para uma comunicação de linha de energia. Este objetivo é alcançado por um método de inicializar uma transmissão de dados de OFDM e um modem de OFDM de acordo com as reivindicações 1 e 9. As modalidades preferidas estão evidentes das reivindicações de patente dependentes, em que a dependência de reivindicação não deverá ser considerada como excluindo as combinações de reivindicações significativas adicionais.

De acordo com a invenção, o comprimento ou duração de um intervalo de guarda ou prefixo cíclico em um símbolo de OFDM é selecionado do rascunho a cada partida de um modem enquanto inicializando ou preparando a transmissão de dados de OFDM. O comprimento do intervalo de guarda é dado pelo número L de amostras em uma representação discreta de tempo, e o valor de L que é retido para uma subsequente transmissão de dados é selecionado de uma pluralidade de possibilidades predeterminadas. A seleção está baseada em uma avaliação de uma qualidade de canal de uma linha física na qual o modem está conectado. Com isto, o valor selecionado de L depende de condições de transmissão reais e não é desnecessa-

riamente grande como no caso de um fabricante de modem que predetermina conservativamente este parâmetro.

De preferência, um comprimento de um intervalo de ortogonalidade dado por um número N de amostras em uma representação discreta de tempo é selecionado com base no valor retido para L e de acordo com critérios ou especificações adicionais referentes à eficiência e ao retardo. Alternativamente, um número N de amostras de um intervalo de ortogonalidade é pré-selecionado e levado em conta durante a seleção subsequente do valor de L . Em qualquer caso, o potencial de otimização oferecido por uma manipulação mais flexível dos parâmetros de sistema L e N é explorado de modo a atender as condições que mudam na linha física.

Em uma variante preferida da invenção, o comprimento do intervalo de guarda é escolhido para ser tão curto quanto possível, mas acima de um comprimento adequadamente definido de uma Resposta de Impulso (IR) de canal de um canal de comunicação que compreende a conexão física. O comprimento da IR é vantajosamente minimizado por meio de um filtro de entrada ou de recepção propositadamente sintetizado ou preparado em um segundo modem ou receptor, cujo filtro é considerado parte do dito canal de comunicação.

Em um refinamento desta variante, um primeiro valor de L que corresponde a um intervalo de guarda experimental mínimo ou alvo, é escolhido, e um filtro de entrada é preparado baseado neste. O comprimento da respectiva IR do canal de comunicação que inclui o dito filtro é calculado e comparado com o comprimento do intervalo de guarda experimental. Se um certo critério for atendido, o primeiro valor de L é selecionado como o valor definitivo retido para comunicação, de outro modo o procedimento é repetido com um comprimento experimental ou alvo aumentado do intervalo de guarda até que este comprimento esteja em conformidade com o comprimento da respectiva IR.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

O assunto da invenção será explicado em mais detalhes no texto seguinte com referência a modalidades exemplares preferidas as quais es-

tão ilustradas nos desenhos anexos, nos quais:

figura 1 mostra esquematicamente os componentes de um mod-
dem de OFDM,

figura 2 mostra um canal de transmissão com um filtro de trans-
missão, uma conexão física e um filtro de recepção,

figura 3 é um fluxograma de determinação de um comprimento
ótimo do intervalo de guarda, e

figura 4 apresenta uma Resposta de Impulso encurtada, assim
como uma função de transferência de conexão estimada e interpolada.

Os símbolos de referência utilizados nos desenhos, e seus signi-
ficados, estão listados em forma resumida na lista de símbolos de referência.
Em princípio, partes idênticas estão providas com os mesmos símbolos de
referência nas figuras.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE MODALIDADES PREFERIDAS

A figura 1 mostra uma implementação digital de um método de
modulação de multiplexação de divisão de frequência ortogonal (OFDM). Em
um modulador de base de OFDM 10, um vetorizador de QAM 11 gera um
vetor de coeficientes de frequência de acordo com os bits de entrada digitais
paralelizados do sinal de entrada digital D. De acordo com um esquema de
mapeamento tal como 2^M QAM (Modulação de Amplitude de Quadratura) ou,
como um caso especial dos mesmos, 2^M DPSK (Comutação de Deslocamen-
to de Fase Diferencial), os coeficientes de frequência são geralmente símbo-
los 2^M -aridade D_k geralmente complexos. Do vetor de coeficientes de fre-
quência, uma Transformada de Fourier Rápida Inversa (IFFT) 12 gera um
componente em fase I e um componente de quadratura ortogonal Q de um
sinal de múltiplos tons discreto. No bloco 13, cada um dos ditos componen-
tes é preenchido com um prefixo cíclico ou intervalo de guarda copiando
uma parte do sinal de múltiplos tons discreto como abaixo detalhado, resul-
tando em duas sequências de valor real na taxa de amostragem $1/T_0$, isto é
um componente em fase $o_I(n)$ e um componente de quadratura $o_Q(n)$ do si-
nal digital modulado.

De modo a preparar o sinal de OFDM para um deslocamento de

frequência, os componentes são aumentados em resolução por um fator m_{10} no aumentador de resolução 14, onde $m_{10} > (2f_0 + B_0)T_0$, com B_0 sendo a largura de banda da banda de transmissão de OFDM e f_0 sendo o seu centro ou deslocamento de frequência, deve ser satisfeito para satisfazer o teorema de amostragem. Na etapa de modulação seguinte, no deslocador de frequência de modulador de OFDM 15, as frequências médias do espectro de o_1 e o_Q são finalmente movidas para $\pm f_0$. Os sinais resultantes são somados para construir um sinal digital o qual é então filtrado no filtro de envio 16 e convertido, em um conversor D/A 17, para um sinal analógico Y para amplificação e transmissão.

Em um sistema de transmissão de OFDM, uma modulação é executada em um bloco de M bits de dados de cada vez, gerando, de acordo com um esquema de codificação como acima detalhado, N números complexos C_k que são atribuídos às N frequências ortogonais. Uma Transformada de Fourier rápida ou discreta Inversa (IFT) converte os N números complexos C_k em um símbolo de ortogonalidade discreto no tempo ou intervalo de comprimento $T_{ORTH} = t_s$ e que compreende N valores de amostragem complexos de modo que $T_{ORTH} = t_s = NT$ com T sendo um tempo de transmissor ou período de amostragem. O sinal para o intervalo de guarda de comprimento $T_{GUARD} = t_g = LT$, isto é, que compreende L valores de amostragem complexos, é prefixado para, como uma extensão de, cada um dos símbolos de ortogonalidade para formar uma OFDM ou um símbolo de transmissão de comprimento T_{OFDM} . Em resumo, cada símbolo de OFDM consiste em um intervalo de ortogonalidade de comprimento T_{ORTH} e um intervalo de guarda de comprimento T_{GUARD} , e tem um comprimento $T_{OFDM} = T_{ORTH} + T_{GUARD} = (N+L)/f_s$, onde a frequência de amostragem $f_s = 1/T$ é igual à frequência de Nyquist da banda de transmissão do canal.

Para uma utilização ótima da banda de frequência disponível do canal de comunicação, a taxa ou frequência de amostragem $f_s = 1/T$ na qual as amostras do sinal de transmissão são geradas deve ser escolhida próxima da largura de banda de canal (por exemplo, 4 kHz ou 32 kHz, a qual usualmente não é um parâmetro de projeto mas fornecida pela aplicação. O

intervalo ou separação entre as frequências de portadora ou de transmissão adjacentes é denotado Δf , e a seguir, é assumido igual à taxa de símbolo, isto é, $\Delta f = 1/NT$. Portanto, na prática, a seleção de N como abaixo detalhado também determina Δf .

5 A figura 2 apresenta um canal de comunicação 2 como definido no contexto da presente invenção. O canal 2 é compreendido compreender todos os elementos entre a modulação e o prefixo cíclico em um modem de remetente/transmissor 1 e a extração do intervalo de ortogonalidade e de-
10 modulação em um modem de receptor 3. Especificamente, além da conexão de linha de energia física 21 entre o transmissor e o receptor, o filtro de envio 16 e o filtro de entrada 32, também conhecido como o filtro de recepção, fazem parte do canal de comunicação 2 por definição.

De acordo com a invenção, uma seleção manual ou automatizada de um intervalo de guarda, isto é, a especificação do número L de amostras compreendidas ou o comprimento $T_{\text{GUARD}} = t_g = LT$ correspondente, os
15 seguintes requisitos precisam ser observados:

A) de modo a evitar uma Interferência Intersímbolos (ISI) entre símbolos de OFDM sucessivos, o comprimento T_{GUARD} do intervalo de guarda deve ser escolhido para ser pelo menos igual a um comprimento adequadamente definido T_{CHANNEL} da função de Resposta de Impulso (IR) de canal
20 do canal de comunicação 2 acima definido, em que pela dita definição uma maior cota da energia da função de IR de canal está compreendida dentro de um intervalo de comprimento T_{CHANNEL} .

B) A eficiência da transmissão representa um requisito adicional
25 relativo à escolha dos inteiros N e L . Conforme o receptor descarta o intervalo de guarda e extrai o intervalo de ortogonalidade para a demodulação, a eficiência aumenta com a diminuição do comprimento do intervalo de guarda e pode convenientemente ser definida pela razão L/N .

C) O retardo da transmissão representa um terceiro requisito
30 que influencia a escolha dos números N e L . O retardo é devido à transmissão no sentido de bloco e ao processamento dos sinais e dos dados, e é proporcional ao comprimento de símbolo de OFDM, e empiricamente T_{DELAY}

$\approx 5 T_{\text{OFDM}}$. Por exemplo, para uma largura de banda de canal de 4 kHz e $N = 64$, o retardo está próximo de 100 ms. Em geral, este retardo pode não exceder certos limites superiores devido a restrições da aplicação em tempo real subjacente. Com isto, se, por exemplo, o comprimento do intervalo de guarda for dado, um retardo permitido máximo impõe um limite superior a T_{ORTH} .

Até agora, os modems de OFDM têm sido conhecidos com um comprimento fixo, predeterminado, ou no máximo manualmente selecionável da ortogonalidade e do intervalo de guarda, com ajustes de fábrica exemplares de $N = 128$ ou 64 e $L = 8$. Em uma modalidade vantajosa da presente invenção, e respeitando $L/N \leq 1/8$ por razões de eficiência como a única restrição, as seguintes combinações de L e N podem ser selecionadas:

N	L			
64	8			
128	8	16		
256	8	16	32	
512	8	16	32	64

Como uma consequência do requisito A) acima, a derivação de um comprimento mínimo do intervalo de guarda está proximamente ligada ao comprimento T_{CHANNEL} da Resposta de Impulso (IR) de canal. Em virtude da definição acima do canal 2, o último compreende uma convolução da resposta de impulso dos filtros 16, 32 e a função de transferência de conexão complexa K da conexão de linha de energia física 21. A Patente DE 44 02 512 acima mencionada e aqui incorporada para todos os propósitos como referência, descreve um procedimento vantajoso para encurtar a IR de canal. De acordo com este procedimento, o filtro de entrada ou de recepção 32 do receptor é sintetizado de modo que o canal de transmissão tenha uma IR que concentre uma maior cota de sua energia em uma pequena faixa temporal que é, para o propósito desta invenção, designada o comprimento T_{CHANNEL} da IR encurtada. Um encurtamento com sucesso da IR de canal

permite reduzir subsequentemente o comprimento do intervalo de guarda sem violar o requisito A) acima, isto é, $T_{\text{GUARD}} \geq T_{\text{CHANNEL}}$. Finalmente, o comprimento N do símbolo de ortogonalidade pode ser escolhido de acordo com a tabela acima e os requisitos B) e C).

5 A figura 3 apresenta um fluxograma do procedimento para adaptar o comprimento do intervalo de guarda. O resultado do procedimento depende das propriedades da conexão física 21 do canal de comunicação 2, e especificamente de uma qualidade de canal tal como a função de transferência de conexão K da conexão física 21. Consequentemente, na etapa preparatória 40, o receptor 3 recebe um sinal que foi emitido pelo remetente 1 como um sinal de varredura ou sequência Modulada em Frequência Linear (LFM) predefinido, ou alternativamente como um sinal de pseudo ruído que cobre todas as frequências do canal, e do qual a função de transferência K pode ser estimada precisamente. Como a função de transferência K pode ser bastante longa, uma estimativa inicial do sinal de varredura é obtida com 10 um grande número de amostras $K_0(k)$, em que este número é relativo ao comprimento de símbolo máximo de $N_{\text{MAX}} = 512$ e $L_{\text{MAX}} = 64$ do modem 3, e a seguir assumido ser igual a $2 \cdot N_{\text{MAX}}$. A seguir, um valor de partida L_1 que corresponde a um primeiro comprimento alvo de um intervalo de guarda experimental é definido. Este primeiro comprimento alvo pode ou ser o menor valor de L provido pelo modem, por exemplo, $L_1 = 8$ ou mesmo $L_1 = 7$, ou o menor valor de acordo com um comprimento pré-selecionado do intervalo de 15 ortogonalidade.

Na etapa 41, o procedimento de encurtamento de Resposta de 25 Impulso (IR) de canal acima mencionado é executado. Quando o filtro de entrada ou de recepção 32 é implementado com o método de "salvar sobreposição" bem conhecido para o processamento orientado em bloco, o comprimento do filtro de entrada 32 será limitado a $N-L+1$ para um tempo de processamento mínimo. Consequentemente, o filtro de entrada 32, isto é, a 30 função de transferência de filtro de entrada ou de recepção, não pode ser calculado com um número não mudado ($2 \cdot N_{\text{MAX}}$) de amostras diretamente da função de transferência de conexão K. Com isto, a sintetização ou a pre-

paração do filtro de entrada 32 começa com a seleção de L_1 amostras por decimação, e opcionalmente ponderação, das amostras $K_0(k)$ da função de transferência de conexão no domínio de frequência. Uma Transformação de Fourier Inversa, um preenchimento de zeros, e uma Transformação de Fourier Direta geram novamente $2*N_{MAX}$ amostras $K_1(k)$ de uma função de transferência de conexão interpolada. Da última, $2*N_{MAX}$ amostras da função de transferência de filtro de entrada sintetizada são obtidas. Uma convolução com a função de transferência de conexão K e a Transformação de Fourier Inversa finalmente gera $2*N_{MAX}$ amostras $R_1(n)$ da IR de canal encurtada.

Na etapa 42, e como abaixo adicionalmente detalhado, uma medida quantitativa F_1 é determinada, indicando quantitativamente em qual grau a energia da resposta de impulso encurtada está contida dentro da faixa do comprimento alvo L_1 do intervalo de guarda. Na etapa 43, uma decisão é tomada se a medida F_1 for aceitável ou não. Em outras palavras, a fração de energia da resposta de impulso de canal contida em uma seção de comprimento T_{GUARD} é utilizada como uma medida de aceitação. Se a última for considerada suficiente, o valor de partida L_1 é retido como o valor ótimo L_{sel} para o comprimento L do intervalo de guarda. De outro modo, o comprimento alvo é aumentado para o próximo valor mais alto L_2 , por exemplo, como $L_2 = 2*L_1$. As etapas 41 a 43 são então repetidas. Se a medida F_2 for ainda não-aceitável, o procedimento é repetido com um valor adicionalmente aumentado L_i do comprimento alvo, isto é, $L_3 = 32$, $L_4 = 64$.

A figura 4 ilustra um resultado exemplar do encurtamento de IR na etapa 41, com base no qual a medida F_i é determinada na etapa 42. No lado esquerdo da Figura 4 estão apresentadas $2N$ amostras $R_i(n)$ de uma representação de domínio de tempo do i^a IR encurtada do canal de comunicação. O intervalo de largura L_i representa o comprimento alvo. Por meio de Estatística Fisher, a energia das amostras dentro de uma janela móvel de largura W igual a L_i é calculada e comparada com a energia total das $2N$ amostras como

$$F_i(W) = \frac{\frac{1}{W} \sum_{n \in W} R_i^2(n)}{\sum_{n=1}^{2N} R_i^2(n)}$$

O valor máximo da medida $F_i(W)$ obtido para todas as janelas de largura W é então comparado com um limite na etapa 43.

Alternativamente, no lado direito da Figura 4, uma representação em domínio de frequência está apresentada da função de transferência de conexão $K_0(k)$ e a i^{a} função de transferência de conexão interpolada $K_i(k)$ como uma aproximação da primeira. A diferença normalizada entre as duas, calculada como

$$F_i = \frac{\sum_k |K_0 - K_i|^2}{\sum_k |K_0|^2}$$

define outra medida da precisão da função de transferência de filtro e da IR de canal encurtada subsequentemente sintetizadas. De fato, quanto menor a diferença acima, melhor a aproximação da função de transferência de conexão "verdadeira" K_0 estimada pela função de transferência interpolada K_i , e mais curta a IR do canal de comunicação que compreende o filtro de entrada sintetizado com base na função de transferência interpolada K_i . Novamente, a medida F_i obtida é comparada com um limite na etapa 43, em que a última realmente pode ser determinada em um modo semi-heurístico, mas com menos ambiguidade do que o limite acima provido.

Como um resultado do procedimento acima, o comprimento do intervalo de guarda é assegurado exceder o comprimento adequadamente definido da resposta de impulso encurtada, isto é, $T_{\text{GUARD}} = L_{\text{sel}}/f_s \geq T_{\text{CHANNEL}}$. O comprimento N do intervalo de ortogonalidade finalmente é determinado considerando os requisitos B) e C) restantes. Uma eficiência maximizada é atingida para $N = N_{\text{MAX}} = 512$. No entanto, se o retardo máximo não for respeitado para esta combinação ($N_{\text{MAX}} + L_{\text{sel}}$), os menores valores seguintes de N são sucessivamente selecionados, isto é, $N_i = N_{i-1}/2$ com $N_1 = N_{\text{MAX}}$ desde que o requisito de eficiência seja ainda respeitado, isto é, desde que a combinação N_i, L_{sel} esteja representada na tabela acima.

Alternativamente, o procedimento acima que assegura o com-

primento do intervalo de guarda para exceder o comprimento da resposta de impulso encurtada pode ser executado após uma pré-seleção de N por um operador com base em critérios de retardo e/ou eficiência totais. Considerando os requisitos B) e C) restantes, o valor mais baixo de L é escolhido da
 5 tabela acima, e inserido como L_1 no procedimento de encurtamento de IR. Se o procedimento de encurtamento de IR tiver sucesso para este valor de L , o procedimento para, de outro modo outro L , maior é testado.

A seleção automática do intervalo de guarda como acima detalhada é tipicamente executada como parte de um procedimento de inicialização executado em uma partida dos modems conectados na linha de energia, executado, por exemplo, após uma comutação na rede primária ter sido operada. O início deste procedimento é sinalizado por meio de sinais-piloto de codificação aparentemente transmitidos por um primeiro modem 1, 3 conectado a uma primeira extremidade de uma conexão de linha de energia 21.
 10 Um segundo modem 3, 1 conectado a uma segunda extremidade da conexão 21 confirma a recepção e emite um sinal de LFM. No primeiro modem 1, 3, após uma estimativa da função de transferência de canal, o encurtamento de IR é executado repetidamente, e os primeiros valores otimizados de N e L são provisoriamente determinados. Este resultado é então transmitido para o
 15 segundo modem 3, 1 através de uma modulação de QAM4 robusta e redundante. Por comparação com os segundos valores otimizados provisórios de N e L determinados no segundo modem, a combinação final N_{sel} , L_{sel} é determinada. Se o primeiro e o segundo valores para N e L divergirem, o valor mais alto para L é selecionado, e N é escolhido como proposto pelo modem
 20 que propõe o valor mais alto para L .
 25

Além disso, em uma segunda fase após a partida do modem, e geralmente após uma seleção automática do intervalo de guarda, o valor de L retido é verificado. Para este fim, a função de transferência de canal é repetidamente estimada durante a transmissão de dados. Se o valor L_{sel} presently selecionado for considerado ser insuficiente ou subótimo, um
 30 procedimento de acordo com o parágrafo precedente é iniciado. Na comunicação de linha de energia, desde que não existam ações de comutação ou

faltas na rede primária, as qualidades de canal são esperadas variar lentamente, isto é, em uma escala de tempo de horas, devido principalmente às condições do clima (umidade, temperatura). Consequentemente, tais variações podem ser prontamente levadas em consideração por uma adaptação contínua do filtro de entrada.

LISTAGEM DE REFERÊNCIA

	1	Modem de OFDM
	10	Modulador de OFDM
	11	Vetorizador de QAM
10	12	Transformada de Fourier Rápida Inversa
	13	Prefixo Cíclico
	14	Aumentador de resolução
	15	Deslocador de frequência
	16	Filtro de envio
15	17	Conversor D/A
	2	Canal de comunicação
	21	Conexão/linha física
	3	Modem de OFDM
	31	Conversor A/D
20	32	Filtro de entrada/recepção

REIVINDICAÇÕES

1. Método para inicializar uma transmissão de dados de Multiplexação de Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM), em que os símbolos de OFDM que consistem em um intervalo de ortogonalidade de comprimento N que tem N amostras e um intervalo de guarda de comprimento L com L amostras devem ser transmitidos sobre uma conexão física (21), caracterizado pelo fato de que o método compreende

- sintetizar, com base em uma função de transferência de conexão K_0 estimada da conexão física (21), um filtro de entrada (32) em um modem (3) conectado na conexão física (21),
- selecionar o número L_{sel} de amostras do intervalo de guarda com base em uma Resposta de Impulso IR de um canal de comunicação (2) que compreende a conexão física (21) e o filtro de entrada sintetizado (32),
- estimar uma qualidade de canal K_0 da conexão física (21), e
- selecionar o número L_{sel} de amostras do intervalo de guarda com base na qualidade de canal K_0 estimada.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que este compreende

- selecionar, após a seleção do número L_{sel} de amostras do intervalo de guarda, um intervalo de ortogonalidade que tem N_{sel} amostras com base no número L_{sel} , ou
- pré-selecionar, antes de uma estimativa da função de transferência de conexão K_0 a determinação da qualidade do canal, o intervalo de ortogonalidade que tem N_{sel} amostras, e selecionar o número L_{sel} de amostras do intervalo de guarda com base no número de amostras N_{sel} selecionadas para o intervalo de ortogonalidade.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que este compreende

- sintetizar, com base na função de transferência de conexão K_0 estimada da conexão física (21) como a dita qualidade de canal, um filtro de entrada (32) em um modem (3) conectado na conexão física (21),
- selecionar o número L_{sel} de amostras do intervalo de guarda

com base em uma Resposta de Impulso (IR) de um canal de comunicação (2) que compreende a conexão física (21) e o filtro de entrada sintetizado (32).

5 4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que este compreende

- calcular um comprimento T_{CHANNEL} da IR, e
- seleccionar um intervalo de guarda com L_{sel} amostras que corresponde a um comprimento T_{GUARD} do intervalo de guarda superior ao comprimento T_{CHANNEL} da IR.

10 5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que este compreende

a) escolher um número experimental de amostras L_1 do intervalo de guarda,

15 b) seleccionar L_1 amostras da função de transferência de conexão K_0 estimada,

c) sintetizar o filtro de entrada (32) com base nas L_1 amostras seleccionadas,

d) calcular uma Resposta de Impulso (IR) encurtada do canal de comunicação (2),

20 e) calcular uma medida F_1 da IR encurtada,

f) se a medida F_1 estiver abaixo de um limite, seleccionar $L_{\text{sel}} = L_1$,

g) de outro modo, escolher um número experimental adicional $L_2 > L_1$ de amostras e retornar para a etapa b).

25 6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a etapa e) compreende

- calcular a medida F_1 como uma estatística de Fisher adequada relativa a uma energia da IR encurtada compreendida dentro de uma janela móvel W de largura W igual a L_1 para a energia total da IR encurtada.

30 7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que este compreende

- seleccionar N_{sel} , L_{sel} comparando os valores provisórios de N e L obtidos por dois modems (1, 3) conectados a duas extremidades da conexão

física (21).

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que este compreende

- transmitir os dados de OFDM por uma linha de energia de alta ou média voltagem como a conexão física (21).

9. Modem de OFDM para uma transmissão de dados de Multiplexação de Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM), em que os símbolos de OFDM que consistem em um intervalo de ortogonalidade que tem N amostras de comprimento N e um intervalo de guarda com L amostras de comprimento L são transmitidos sobre uma conexão física (21) na qual o modem de OFDM está conectado, caracterizado pelo fato de que o modem compreende

- um meio para sintetizar, com base em uma função de transferência de conexão K_0 estimada da conexão física (21), um filtro de entrada (32) do modem,
- um meio para selecionar o número L_{sel} de amostras do intervalo de guarda com base em uma Resposta de Impulso IR de um canal de comunicação (2) que compreende a conexão física (21) e o filtro de entrada sintetizado (32),
- um meio para estimar uma qualidade de canal K_0 da conexão física (21), e
- um meio para selecionar o número L_{sel} de amostras do intervalo de guarda com base na qualidade de canal K_0 estimada.

10. Modem de OFDM de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que este compreende

- um meio para sintetizar, com base na função de transferência de conexão K_0 estimada da conexão física (21) como a dita qualidade de canal, um filtro de entrada (32) do modem,
- um meio para selecionar o número L_{sel} de amostras do intervalo de guarda com base em uma Resposta de Impulso (IR) de um canal de comunicação (2) que compreende a conexão física (21) e o filtro de entrada sintetizado (32).

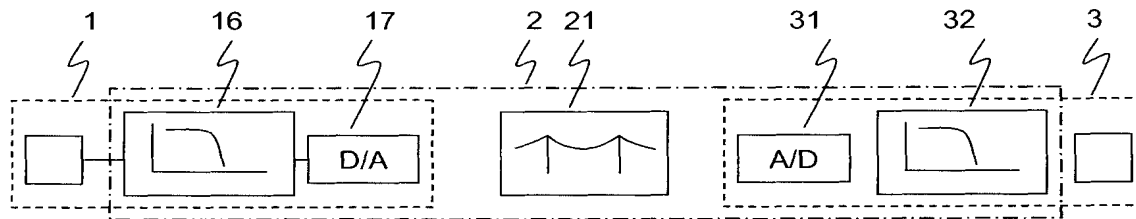
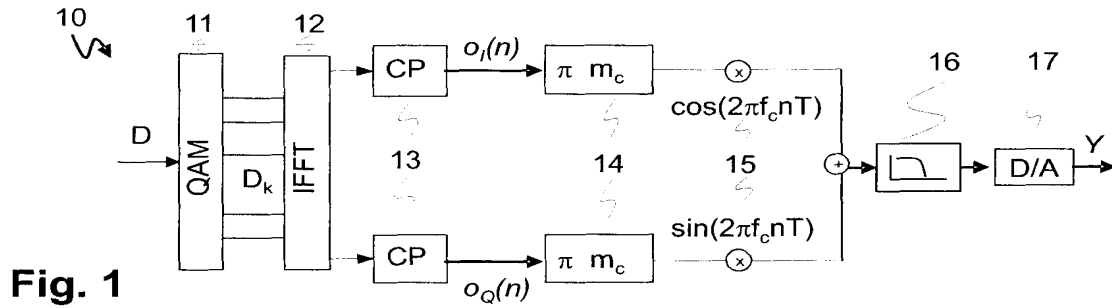


Fig. 2

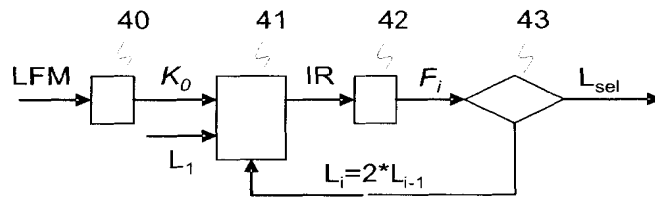


Fig. 3

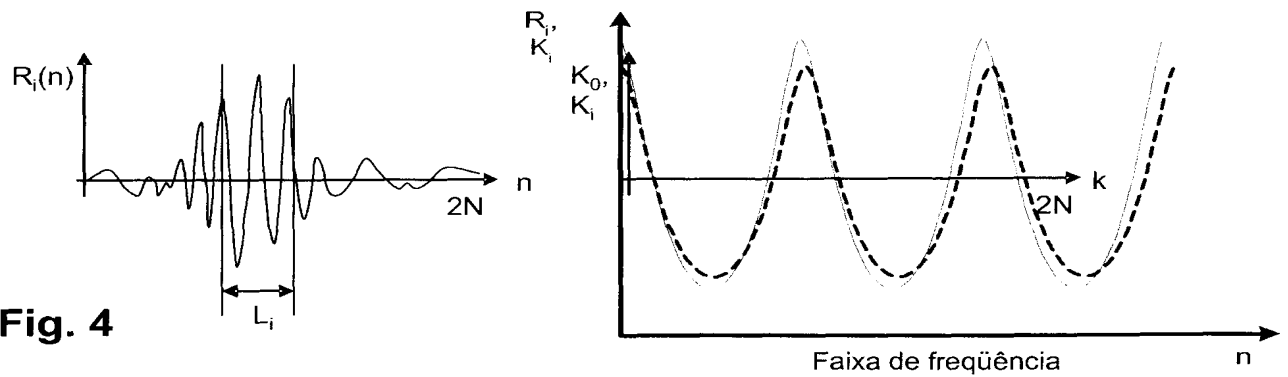


Fig. 4

RESUMO

Patente de Invenção **"INICIALIZAÇÃO DE E MODEM PARA UMA TRANSMISSÃO DE DADOS DE OFDM"**.

A presente invenção refere-se a uma eficiência otimizada de
5 uma transmissão de dados de Multiplexação de Divisão de Frequência Orto-
gonal (OFDM), especificamente para uma comunicação de linha de energia.
O comprimento ou a duração de um intervalo de guarda ou prefixo cíclico em
um símbolo de OFDM é selecionado do rascunho a cada partida de um mo-
dem enquanto inicializando ou preparando a transmissão de dados de
10 OFDM. O comprimento do intervalo de guarda é dado pelo número L de a-
mostras em uma representação discreta de tempo, e o valor de L que é reti-
do para a subsequente transmissão de dados é selecionado de uma plurali-
dade de possibilidades predeterminadas com base em uma avaliação de
uma qualidade de canal de um canal de comunicação que inclui uma linha
15 física na qual o modem está conectado. Com isto, o valor selecionado de L
depende de condições de transmissão reais e o potencial de otimização ofe-
recido por uma manipulação mais flexível dos parâmetros de sistema L e N é
explorado de modo a atender as condições mutáveis sobre a linha física.