



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

(21) PI 0721941-5 A2



(22) Data de Depósito: 06/12/2007
(43) Data da Publicação: 18/03/2014
(RPI 2254)

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

(54) Título: SENSORIAMENTO DE ESPECTRO PARA SINAIS DE OFDM UTILIZANDO TONS PILOTOS **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 13/07/2007 US 60/959.372

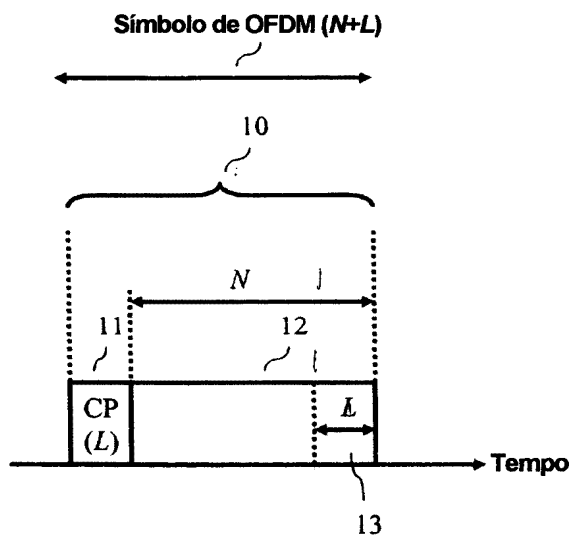
(73) Titular(es): Thomson Licensing

(72) Inventor(es): Hou-Shin Chen, Wen Gao

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel-Shores

(86) Pedido Internacional: PCT US2007024987 de 06/12/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2009/011688 de 22/01/2009



“SENSORIAMENTO DE ESPECTRO PARA SINAIS DE OFDM UTILIZANDO TONS PILOTOS”

Antecedentes da Invenção

A presente invenção em geral refere-se a sistemas de comunicação e, mais particularmente, a sistemas sem fios, por exemplo, difusão terrestre, celular, Fidelidade Sem Fio (Wi-Fi), satélite, etc.

Recentemente, Rádio Cognitivo (CR) (por exemplo, vide, J. Mitola III, “Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio”, Ph.D. Thesis, Royal Institute of Technology, Suécia, maio de 2000) foi proposto implementar compartilhamento de espectro negociado, ou oportunístico, para fornecer uma solução viável ao problema de esparsidade do espectro sem fios. Para operar CR corretamente, é importante executar sensoramento do espectro, isto é, a habilidade para detectar sinais licenciados em suas bandas espectrais atribuídas. Como resultado, sensoramento de espectro se torna uma das tecnologias essenciais de CR. A parte mais desafiadora de executar sensoramento de espectro é captar sinais em condições de razão de sinal-para-ruído muito baixas (SNR).

Nesta consideração, um sistema de Rede de Área Regional Sem Fios (WRAN) está sendo estudado no grupo de padrões do IEEE 802.22. O sistema WRAN é intencionado fazer uso de canais de difusão de televisão (TV) não-usados no espectro de TV, em uma base de não-interferência, para tratar, como um objetivo primário, de áreas rurais e remotas e mercados mal-atendidos de densidade populacional baixa com níveis de desempenho similares aos das tecnologias de acesso de banda larga que servem áreas urbanas e suburbanas. Além disso, o sistema WRAN pode também ser capaz de graduar para servir áreas populacionais mais densas onde o espectro estiver disponível. Considerando que uma meta do sistema WRAN é não interferir com as difusões de TV, um procedimento crítico é de forma robusta e precisa sensoriar os sinais de TV licenciados que existem na área servida pela WRAN (a área WRAN).

Nos Estados Unidos, o espectro de TV correntemente compreende sinais difundidos de ATSC (Comitê de Sistemas Avançados de Televisão) que coexistem com sinais difundidos de NTSC (Comitê de Sistemas de Televisão Nacional). Os sinais difundidos de ATSC são também referidos como sinais de TV digital (DTV). Correntemente, a transmissão de NTSC cessará em 2009 e, nessa ocasião, o espectro de TV compreenderá apenas sinais difundidos de ATSC. Porém, em algumas áreas do mundo, em vez de transmissão com base em ATSC, transmissão com base em DVB (Difusão de Vídeo Digital) pode ser usada. Por exemplo, sinais de DTV podem ser transmitidos usando DVB-T (Terrestre) (por exemplo, vide ETSI EN 300 744 V1.4.1 (2001-01), *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*). DVB-T usa uma forma de uma transmissão de multiportadoras, isto é, DVB-T é com base em OFDM (multiplexação

por divisão de frequência ortogonal).

Uma vez que, como observado acima, uma meta do sistema de WRAN é não interferir com aqueles sinais de TV que existem em uma área de WRAN particular, é importante em um sistema de WRAN ser capaz de detectar difusões de DVB-T (sinais autorizados) em um ambiente de razão sinal para ruído muito baixa (SNR). Para um sinal de OFDM compreendendo N subportadoras com espaçamento das subportadoras como F_s/N (Hz), seus símbolos no domínio de tempo podem ser representados por amostras com taxa de amostra F_s (Hz). Como conhecido em transmissão de OFDM, cada símbolo de OFDM inclui um prefixo cíclico (CP) para mitigar os efeitos da interferência intersímbolos (ISI). Um exemplo de um símbolo de OFDM 10 é mostrado na FIG. 1. Símbolo de OFDM 10 compreende duas porções: um símbolo 12 e CP 11. O símbolo 12 compreende N amostras. O CP 11 simplesmente consiste em copiar as últimas amostras L (porção 13 da FIG. 1) de cada símbolo e as anexar na mesma ordem à frente do símbolo. Como pode ser observado da FIG. 1, o comprimento de símbolo de um símbolo de OFDM, M , é: $M = N + L$; onde N é o número de subportadoras e L é o comprimento do prefixo cíclico (CP). Nesta consideração, as subportadoras usadas em um sistema de OFDM e o comprimento do CP podem ser dinamicamente variados de acordo com condições particulares dos canais. Em particular, como mostrado na Tabela Um da FIG. 2, um sinal DVB-T pode ser transmitido de acordo com qualquer um de oito modos de transmissão, cada modo de transmissão tendo um número diferente (N) de subportadoras e razão de comprimento de CP (α), isto é, a razão do comprimento de CP no comprimento de símbolo N . Por exemplo, no modo de transmissão 1, o número de subportadoras, N , é igual a 2048 (modo 2K) e a razão de comprimento do CP é 1/4, isto é, o CP consiste em $L=1/4(2048)=512$ amostras. Similarmente, no modo de transmissão 6, o número de subportadoras, N , é igual a 8192 (modo 8K) e a razão de comprimento do CP é 1/8, isto é, o CP consiste em $L=1/8(8192)=1024$ amostras.

Sumário da Invenção

De acordo com os princípios da invenção, um aparelho compreende um conversor para fornecer um sinal que pode ser uns símbolos multiplexados por divisão de frequência ortogonal (OFDM) recebidos de um canal selecionado, cada símbolo de OFDM compreende N subportadoras, pelo menos algumas destas são subportadoras pilotos; e um processador que (a) correlata os símbolos de OFDM recebidos para fornecer pelo menos um valor correlatado, (b) gera um valor métrico como uma função do pelo menos um valor correlatado e (b) compara o valor métrico a um valor de limiar para detectar se um sinal incumbente está presente.

Em uma modalidade ilustrativa da invenção, o receptor é um ponto terminal de Rede de Área Regional Sem fios (WRAN), e o tipo de sinal é um sinal de DVB-T tendo oito possíveis modos de transmissão, cada modo tendo subportadoras pilotos. O ponto terminal

de WRAN processa um sinal recebido que pode ser um sinal de DVB-T para correlatar os símbolos de OFDM, de modo que um valor métrico resultante é comparado a um limiar para detectar se um sinal incumbente está presente.

Em vista do acima, e como será evidente da leitura da descrição detalhada, outras modalidades e características são também possíveis e enquadram-se nos princípios da invenção.

Breve Descrição dos Desenhos

FIG. 1 mostra um símbolo de OFDM;

FIG. 2 mostra a Tabela Um, que lista os possíveis modos de transmissão diferentes para um sinal de DVB-T;

FIG. 3 mostra um sistema de WRAN ilustrativo de acordo com os princípios da invenção;

Figs. 4-5 mostram fluxogramas ilustrativos de acordo com os princípios da invenção para o uso no sistema de WRAN da FIG. 3; e

FIG. 6 mostra um detector de sinal ilustrativo de acordo com os princípios da invenção.

Descrição Detalhada

Diferente do conceito inventivo, os elementos mostrados nas figuras são bem conhecidos e não serão descritos em detalhes. Também, familiaridade com transmissão de televisão, receptores e codificação de vídeo é assumida e não é descrita em detalhes aqui. Por exemplo, diferente do conceito inventivo, familiaridade com recomendações correntes e propostas para padrões de TV tais como NTSC (Comitê de Sistemas de Televisão Nacionais), PAL (Linhas de Alternância de Fase), SECAM (Cor Sequencial com Memória), ATSC (Comitê de Sistemas Avançados de Televisão) (ATSC), e gestão de redes, tal como IEEE 802.16, 802.11h, etc., é assumido. Mais informação sobre sinais difundidos de DVB-T pode ser encontrada, por exemplo, ETSI EN 300 744 V1.4.1 (2001-01), *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*. Igualmente, diferente do conceito inventivo, os conceitos de transmissão tais como banda lateral vestigial de oito níveis (8-VSB), Modulação de Amplitude em Quadratura (QAM), multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM) ou OFDM codificada (COFDM), e componentes de receptor tais como uma terminação frontal de radiofrequência (RF), ou seção de receptor, tal como um bloco de baixo ruído, sintonizadores, e demoduladores, correlatores, integradores de perda e geradores de onda quadrada são assumidos. Similarmente, diferente do conceito inventivo, métodos de formatação e de codificação (tais como Padrão dos Sistemas do Grupo de Especialistas de Imagem em Movimento (MPEG)-2 (ISO/IEC 13818-1)) para gerar fluxos de bits de transporte são bem conhecidos e não descritos aqui. Deve também ser observado que o conceito inventivo pode ser implementado usando técni-

cas de programação convencionais que, como tais, não serão descritas aqui. Por fim, números semelhantes nas figuras representam elementos similares.

Como observado mais cedo, um sistema de WRAN faz uso de canais difundidos não-usados no espectro. Neste respeito, o sistema de WRAN executa “sensoriamento de canal” (ou sensoriamento de espectro) para determinar quais destes canais difundidos estão realmente ativos (ou “incumbentes”) na área WRAN para determinar que porção do espectro que está realmente disponível para o uso pelo sistema de WRAN. Neste exemplo, é assumido que cada canal difundido pode ser associado a um sinal difundido de DVB-T correspondente. De acordo com os princípios da invenção, um aparelho compreende um conversor para fornecer um sinal que pode ser uns símbolos multiplexados por divisão de frequência ortogonal (OFDM) recebidos de um canal selecionado, cada símbolo de OFDM compreendendo N subportadoras, pelo menos algumas destas são subportadoras pilotos; e um processador que (a) correlata os símbolos de OFDM recebidos para fornecer pelo menos um valor correlatado, (b) gera um valor métrico como uma função do pelo menos um correlatou valor e (b) compara o valor métrico a um valor de limiar para detectar se um sinal incumbente está presente.

Antes de descrever os exemplos ilustrativos de um receptor de DVB-T, uma abordagem geral é descrita para usar tons pilotos para sensoriamento de espectro de acordo com os princípios da invenção. Sob a suposição que L , o comprimento do prefixo cíclico (CP), é mais longo que o comprimento do canal invariante de tempo, a n^a amostra do P símbolo de OFDM pode ser expressa como

$$x_l[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} H[k] X_l[k] e^{j2\pi n l / N} \quad (1)$$

onde N é o número de subportadoras, $H[k]$ é o ganho de canal do complexo do k^a subportadora, e $X_l[k]$ denota os símbolos de dados no k^a subportadora do P símbolo de OFDM. Usualmente, alguns tons pilotos regulares são inseridos no domínio de frequência para ajudar o receptor a executar sincronização e estimação de canal. Deixe P denotar o conjunto de posições do subportadoras pilotos. Então, a equação (1) pode ser reformulada como

$$x_l[n] = \frac{1}{N} \sum_{k \in P} H[k] X_l[k] e^{j2\pi n l / N} + \frac{1}{N} \sum_{k \notin P} H[k] X_l[k] e^{j2\pi n l / N} \quad (2)$$

Pode ser observado da equação (2) que o P símbolo de OFDM foi separado em dois termos, um associado às subportadoras pilotos ($k \in P$) e o outro termo não associado às subportadoras pilotos. Agora, deixe $R_x^{l,m}[n] = x_l[n] x_m^*[n]$ e tomemos a correlação cruzada do domínio de tempo dos símbolos de OFDM P e m^o . Isto é mostrado na equação (3), abaixo.

$$R_x[l, m] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} R_x^{l,m}[n] \quad (3)$$

Após alguns cálculos e reconhecimento que $E[X_i/[k]] = 0$ para $k \notin P$, onde $E[\cdot]$ é o operador de expectativa, a expectativa da equação (3) pode ser simplificada como: que é um valor positivo. Portanto, e de acordo com os princípios da invenção, esta propriedade pode ser utilizada para implementar sensoriamento de espectro para sistemas de OFDM que empregam tons pilotos. Na prática, os efeitos de compensação de tempo e compensação de frequência também devem ser considerados. Porém, uma vez que a equação (4) não é afetada pela demora de tempo, é possível apenas considerar compensação de frequência. Além disso, quando a compensação de relógio de amostragem não for muito grande, a equação (4) quase não é afetada.

10 Agora, deixe $y_l[n]$ denotar o P símbolo de OFDM recebido,

$$y_l[n] = x_l[n]e^{j2\pi f_\Delta(lM+n)/N} + w_l[n]. \quad (5)$$

onde f_Δ é compensação de frequência da portadora normalizada para o espaçamento da subportadora, $M=N+L$ é o número de amostras de um símbolo de OFDM e $w_l[n]$ é um termo de ruído. Então, pode ser facilmente mostrado que

$$15 \quad E\{R_y[l, m]\} = e^{j2\pi f_\Delta(l-m)M/N} \frac{1}{N} \sum_{k \in P} |H[k]|^2. \quad (6)$$

Portanto, na presença de uma compensação de frequência, a correlação de dois símbolos de OFDM é multiplicada por um termo de fase. Por causa deste termo de fase, as diferentes correlações das diferenças de índice de símbolo de OFDM não podem ser coerentemente combinadas, isto é, aquelas com valor diferente de $l-m$ na equação (6). Além disso, deveria ser observado que a estrutura da armação piloto é diferente de um padrão para outro e deve ser também observado que o canal sem fios pode ser variante de forma que os algoritmos de sensoriamento de espectro podem necessitar ser modificados embora a abordagem básica de acordo com os princípios da invenção seja a mesma.

Voltando agora para aplicar o conceito inventivo a um sistema com base em OFDM de DVB-T, o algoritmo a seguir é usado para detectar a possível presença de um sinal com base em OFDM de DVB-T incumbente. Como descrito no padrão de ETSI de DVB-T acima observado, há dois tipos de pilotos: os pilotos regulares e os pilotos difratados. Os pilotos regulares são inseridos nas mesmas posições para cada símbolo de OFDM e o espaçamento da subportadora entre qualquer um dos dois pilotos regulares pertos não é fixo. Em contraste, os pilotos difratados são inseridos a cada 12 subportadoras e desse modo há 11 espaçamentos de subportadora entre os dois pilotos difratados sucessivos. As posições dos pilotos difratados são deslocadas para 3 subportadoras a cada outro símbolo de OFDM de forma que as posições dos pilotos difratados são repetidas a cada 4 símbolos de OFDM. Deveria ser observado que o número dos pilotos difratados é maior que o número dos pilotos regulares. Para o modo de subportadora 2K, há 45 pilotos regulares e 141 pilotos difratados. Definamos também

$$Q[v] = \sum_{l=m+v} R_y[l, m] \quad (7)$$

que é a soma das correlações de dois símbolos de OFDM que têm a mesma diferença de índice (tempo). Deixe $D = N/L$ que é a razão do número de subportadora e do comprimento de CP. Em DVB-T, D pode ser 4, 8, 16, e 32. No receptor, se D pontos forem experimentados que são igualmente espaçados por L amostras como circunstâncias de amostragem iniciais, haverá um ponto que é uma circunstância de amostragem correta. Denote $r[n]$ como as amostras do sinal recebido. Deixe

$$y_l^d[n] = r[Ld + Ml + n] \quad (8a)$$

onde $d = 0, 1, 2, \dots, D-1$. Então, a equação (3) se torna:

$$R_y^d[l, m] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} y_l^d[n] (y_m^d[n])^* \quad (8b)$$

Então a equação (8b) é usada para computar

$$Q^d[v] = \sum_{l=m+v} R_y^d[l, m]. \quad (9)$$

Da equação (9), uma estatística de decisão, ou decisão métrica, T , pode ser formulada para determinar se um sinal de DVB-T está possivelmente presente como um sinal incumbente. Por exemplo,

$$T = \max_d |Q^d[v]| \quad (10)$$

$$T = \max_d \left\{ \sum_v \frac{|Q^d[v]|}{\alpha_v} \right\} \quad (11a)$$

podem ser usadas como estatísticas de decisão, onde na equação (11a), α_v 's são razões combinadas. Um exemplo de uma razão combinada é:

$$\alpha_v = S_v, \quad (11b)$$

onde S_v é o número de $R(l, m)$ que são acumulados e adicionados (por exemplo, equações (7) e (9)). Porém, usando as equações (10) ou (11a) tem suas desvantagens. Equação (10) não usa todos os dados recebidos disponíveis e usando a equação (11a) para uma combinação não-coerente não resultará em muita melhoria de desempenho.

Portanto, e de acordo com os princípios da invenção, uma abordagem coerente para formar uma decisão métrica para coerentemente combinar todos os dados recebidos disponíveis pode também ser usada. Por exemplo, deixe a estatística de decisão T ser

$$T = \max_d \left| \sum_{v=\beta}^{v-\beta} \frac{Q^d[v] Q^d[v + \beta]}{\alpha_v} \right| \quad (12)$$

onde, é assumido que a diferença de índice de símbolo máximo da correlação do símbolo de OFDM é V e β é um número inteiro fixo. Obviamente, para sistemas de OFDM de DVB-T, β deveria ser selecionado como igualando a 4 porque 2 símbolos de OFDM cuja diferença de índice de símbolo é uma multiplicação de 4 têm as mesmas posições pilotos

para tanto regular como difratar os pilotos. Um exemplo de uma razão combinada na equação (12) é:

$$\alpha_v = S_v S_{u+\beta}, \quad (12a)$$

Referindo agora à FIG. 3, um sistema de Rede de Área Regional Sem fios (WRAN) ilustrativo 200 incorporando os princípios da invenção é mostrado. Sistema de WRAN 200 serve uma área geográfica (a área WRAN) (não mostrada na FIG. 3). Em termos gerais, um sistema de WRAN compreende pelo menos uma estação de base (BS) 205 que comunica com um, ou mais, equipamento de premissa de cliente (CPE) 250. O último pode ser estacionário. CPE 250 e BS 205 são representativos de pontos terminais sem fios. CPE 250 é um sistema baseado em processador e inclui um, ou mais, processadores e memória associada como representado pelo processador 290 e memória 295 mostradas na forma de caixas pontilhadas na FIG. 3. Neste contexto, programas de computação, ou software, são armazenados na memória 295 para execução pelo processador 290. O último é representativo de um, ou mais processadores de controle de programa armazenado e estes não têm que ser dedicados à função do transceptor, por exemplo, o processador 290 pode também controlar outras funções do CPE 250. Memória 295 é representativa de qualquer dispositivo de armazenamento, por exemplo, memória de acesso aleatório (RAM), memória exclusiva de leitura (ROM), etc.; pode ser interna e/ou externa ao CPE 250; e é volátil e/ou não-volátil conforme necessário. A camada física de comunicação entre BS 205 e CPE 250, por meio de antenas 210 e 255, é ilustrativamente com base em OFDM por meio do transceptor 285 e é representada pelas setas 211. Para entrar em uma rede WRAN, o CPE 250 tenta primeiro “associar-se” com BS 205. Durante esta tentativa, o CPE 250 transmite a informação, por meio do transceptor 285, na capacidade do CPE 250 para BS 205 por meio de um canal de controle (não mostrado). A capacidade relatada inclui, por exemplo, potência de transmissão mínima e máxima, e uma lista de canal suportado, ou disponível, para transmissão e recebimento. Neste respeito, o CPE 250 executa o “sensoriamento de canal” de acordo com os princípios da invenção para determinar quais canais de TV não são ativos na área de WRAN. A lista de canais disponíveis resultantes para o uso em comunicações de WRAN é depois fornecida à BS 205. O último usa a informação relatada acima descrita para decidir se permitir o CPE 250 se associar à BS 205.

Voltando agora para a FIG. 4, um fluxograma ilustrativo para uso na execução do sensoriamento de canal de acordo com os princípios da invenção é mostrado. O fluxograma da FIG. 4 pode ser executado pelo CPE 250 em todos os canais, ou apenas naqueles canais que o CPE 250 selecionado para possível uso. Preferivelmente para detectar os sinais incumbentes em um canal, o CPE 250 deveria cessar a transmissão naquele canal durante o período de detecção. Nesta consideração, a BS 205 pode programar um intervalo mudo enviando uma mensagem de controle (não mostrada) para o CPE 250. Na etapa 305, o CPE

250 seleciona um canal. Neste exemplo, é assumido que o canal é um de vários canais difundidos presentes na área WRAN. Na etapa 310, o CPE 250 varre o canal selecionado para verificar a existência de um sinal incumbente. Em particular, o CPE 250 executa o “sensoriamento de espectro” correlatando os símbolos de OFDM de um sinal multiplexado por divisão de frequência ortogonal (OFDM) recebido tendo os tons pilotos, de modo que um valor métrico de decisão resultante (por exemplo, equações (10), (11a) ou (12)) é comparado a um limiar para detectar se um sinal incumbente está presente. Se nenhum sinal incumbente foi detectado, então, o CPE 250 indica o canal selecionado como disponível para uso na etapa 315, pelo sistema de WRAN em uma lista de canais disponíveis (também referida como um mapa de uso de frequência). Porém, se um sinal incumbente é detectado, então, na etapa 320, o CPE 250 marca o canal selecionado como não disponível para o uso pelo sistema de WRAN. Como aqui usado, um mapa de uso de frequência é simplesmente uma estrutura de dados armazenada, por exemplo, na memória 295 da FIG. 3, que identifica um ou mais canais, e partes dos mesmos, como disponíveis ou não para o uso no sistema de WRAN da FIG. 3. Deveria ser observado que marcação de um canal como disponível ou não pode ser feita em qualquer número de modos. Por exemplo, a lista de canais disponíveis pode apenas listar aqueles canais que estão disponíveis, desse modo não indicando efetivamente outros canais como disponíveis. Similarmente, a lista de canais disponíveis pode apenas indicar aqueles canais que não estão disponíveis, desse modo indicando outros canais efetivamente como disponíveis.

Um fluxograma ilustrativo para executar a etapa 310 da FIG. 4 é mostrado na FIG. 5. Na etapa 360, o CPE 250 correlata símbolos de OFDM (por exemplo, equações (3) ou (8b)). Na etapa 365, o CPE 250 forma uma estatística de decisão, ou métrica de decisão, T (equações (10), (11a) ou (12)). Na etapa 370, o CPE 250 compara a métrica de decisão computada, T , a um valor de limiar que pode ser determinado experimentalmente. Se o valor de limiar for excedido, então é assumido que um sinal de DVB-T difundido está presente. Do contrário, é assumido que um sinal de DVB-T difundido não está presente.

Voltando-se brevemente para a FIG. 6, uma porção ilustrativa de um receptor 600 para o uso em CPE 250 é mostrada (por exemplo, como uma parte do transceptor 285). Apenas aquela porção de receptor 600 relevante ao conceito inventivo é mostrada. Os elementos mostrados na FIG. 6 em geral correspondem à descrição das etapas para o fluxograma da FIG. 5. Como tal, os elementos mostrados na FIG. 6 podem ser implementados em hardware, software, ou como uma combinação de hardware e software. Nesta consideração, o receptor 600 é um sistema com base em processador e inclui um ou mais processadores e memória associada como representado pelo processador 690 e memória 695 mostrados na forma de caixas pontilhadas na FIG. 6. Deveria ser observado que o processador 690 e a memória 695 podem ser além, ou igual ao processador 290 e à memória 295

da FIG. 3. O receptor 600 compreende sintonizador 605, o elemento 620 para computar uma correlação entre os símbolos de OFDM, elemento 625 para computar uma estatística de decisão e comparador de limiar 630. Para simplicidade, alguns elementos não são mostrados na FIG. 6, tais como um elemento de controle de ganho automático (AGC), um conversor de analógico-para-digital (ADC) se o processamento estiver no domínio digital, e filtração adicional. Diferente do conceito inventivo, estes elementos seriam facilmente evidentes a alguém versado na técnica. Também, aqueles versados na técnica reconheceriam que algum do processamento pode envolver trajetórias de sinal complexo quando necessário.

No contexto do fluxograma das Figs. 4 e 5, para cada canal selecionado (selecionado por meio do sintonizador 605) um sinal recebido 604 pode estar presente. Sintonizador 605 inclui um conversor para fornecer símbolos de OFDM recebidos. Elemento 620 computa uma correlação entre os sinais de OFDM recebidos para determinar um valor de correlação. Depois, o elemento 625 computa uma decisão métrica, T , como representada pelas equações (10), (11a) e/ou (12). O comparador de limiar 630 compara a métrica de decisão, T , contra um valor de limiar para determinar se um sinal incumbente está presente e provê os resultados por meio de sinal 631 para uso pelo receptor.

Como descrito acima, é possível detectar a presença de sinais difundidos com base em OFDM em ambientes de sinal-para-ruído baixo usando subportadoras pilotos disponíveis. Deve também ser observado que embora o conceito inventivo tenha sido descrito no contexto de CPE 250 da FIG. 3, a invenção não é desse modo limitada e também se aplica, por exemplo, um receptor de BS 205 que pode executar sensoriamento de canal. Também, o conceito inventivo não é restringido a um sistema de WRAN e pode ser aplicado a qualquer receptor que executa sensoriamento de canal, ou de espectro. Igualmente, embora o conceito inventivo tenha sido ilustrado no contexto de um sistema de DVB-T, o conceito inventivo não é desse modo limitado e é aplicável a qualquer sistema com base em OFDM tendo subportadoras pilotos.

Em vista do acima, o antecedente meramente ilustra os princípios da invenção e será desse modo apreciado que aqueles versados na técnica poderão inventar numerosos arranjos alternativos que, embora não explicitamente descritos aqui, incorporam os princípios da invenção e estão dentro de seu espírito e escopo. Por exemplo, embora ilustrados no contexto de elementos funcionais separados, estes elementos funcionais podem ser incorporados em um ou mais circuitos integrados (ICs). Similarmente, embora mostrado como elementos separados, qualquer um ou todos os elementos (por exemplo, das Figs. 3 e 6) podem ser implementados em um processador controlado por programa armazenado, por exemplo, um processador de sinal digital que executa software associado por exemplo, correspondendo a uma ou mais das etapas mostradas, por exemplo, nas Figs. 4 e 5. Também, os princípios da invenção são aplicáveis a outros tipos de sistemas de comunicação, por

exemplo, satélite, Fidelidade Sem Fios (Wi-Fi), celular, etc. De fato, o conceito inventivo é também aplicável a receptores estacionários ou móveis. É para ser entendido, portanto, que numerosas modificações podem ser feitas às modalidades ilustrativas e que outros arranjos podem ser inventados sem abandono do espírito e escopo da presente invenção como definidos pelas reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para uso em um ponto terminal sem fios, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o método compreende:

selecionar um de vários canais;

5 converter um sinal recebido no canal selecionado para fornecer símbolos multiplexados por divisão de frequência ortogonal (OFDM) recebidos, cada símbolo de OFDM compreendendo N subportadoras pelo menos algumas destas são subportadoras pilotos;

correlatar os símbolos de OFDM recebidos para fornecer pelo menos um valor correlatado;

10 gerar um valor métrico como uma função do pelo menos um valor correlatado; e comparar o valor métrico a um valor de limiar para detectar se um sinal incumbente está presente.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de correlação coerentemente combina os símbolos de OFDM recebidos.

15 3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de correlação correlata dois símbolos de OFDM recebidos.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de correlação correlata dois símbolos de OFDM recebidos que têm a mesma diferença de índice.

20 5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o valor métrico é representado por um parâmetro T , onde

$$T = \max_d |Q^d[v]|.$$

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o valor métrico é representado por um parâmetro T , onde

25

$$T = \max_d \sum_v \frac{|Q^d[v]|}{\alpha_v}.$$

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o valor métrico é representado por um parâmetro T , onde

$$T = \max_d \left| \sum_{v=1}^{V-L} \frac{Q^d[v] Q^d[v+\beta]^*}{\alpha_v} \right|.$$

30 8. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o sinal incumbente é um sinal de Difusão de Vídeo Digital (DVB).

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende a etapa de:

marcar uma lista de canais disponíveis para indicar que o canal selecionado está disponível para o uso se nenhum sinal incumbente estiver presente.

35 10. Aparelho, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um conversor para fornecer um sinal que pode ser uns símbolos multiplexados por divisão de frequência ortogonal (OFDM) recebidos de um canal selecionado, cada símbolo de OFDM compreendendo N subportadoras pelo menos algumas destas são subportadoras pilotos; e

5 um processador que (a) correlata os símbolos de OFDM recebidos para fornecer pelo menos um valor correlatado, (b) gera um valor métrico como uma função do pelo menos um valor correlatado e (b) compara o valor métrico a um valor de limiar para detectar se um sinal incumbente está presente.

10 11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processador coerentemente combina os símbolos de OFDM recebidos.

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processador correlata dois símbolos de OFDM recebidos.

15 13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processador correlata dois símbolos de OFDM recebidos que têm a mesma diferença de índice.

14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o valor métrico é representado por um parâmetro T , onde

$$T = \max_d |Q^d[v]|.$$

20 15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o valor métrico é representado por um parâmetro T , onde

$$T = \max_d \sum_v \frac{|Q^d[v]|}{\alpha_v}.$$

16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o valor métrico é representado por um parâmetro T , onde

$$T = \max_d \left| \sum_{v=1}^{V-\beta} \frac{Q^d[v] Q^d[v+\beta]^*}{\alpha_v} \right|.$$

25 17. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sinal incumbente é um sinal de difusão de Vídeo Digital (DVB).

18. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende:

30 uma memória para armazenar uma lista de canais disponíveis para indicar que o canal selecionado está disponível para o uso se nenhum sinal incumbente estiver presente.

Técnica Anterior

FIG. 1

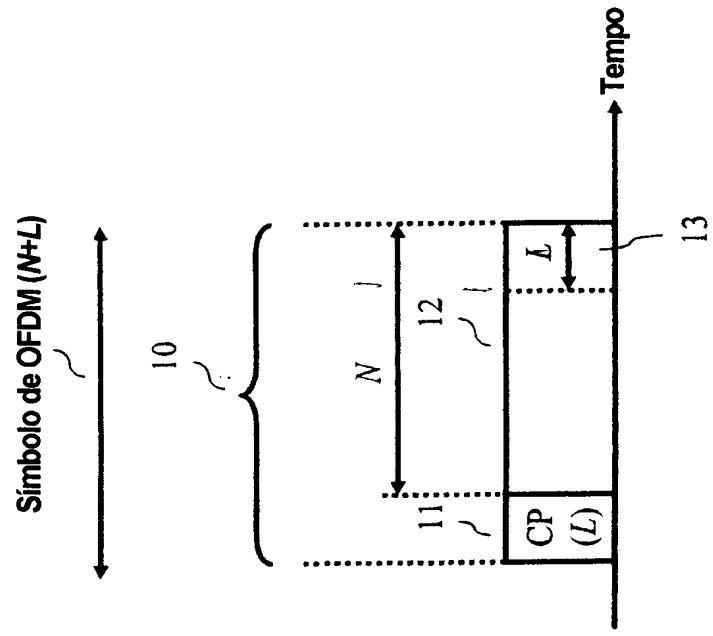


FIG. 2

modo	Número de subportadoras (N)	Razão de comprimento de CP (α)
1	2048	1/4
2	2048	1/8
3	2048	1/16
4	2048	1/32
5	8192	1/4
6	8192	1/8
7	8192	1/16
8	8192	1/32

Tabela Um - Modos de Transmissão de DVB-T

200

FIG. 3

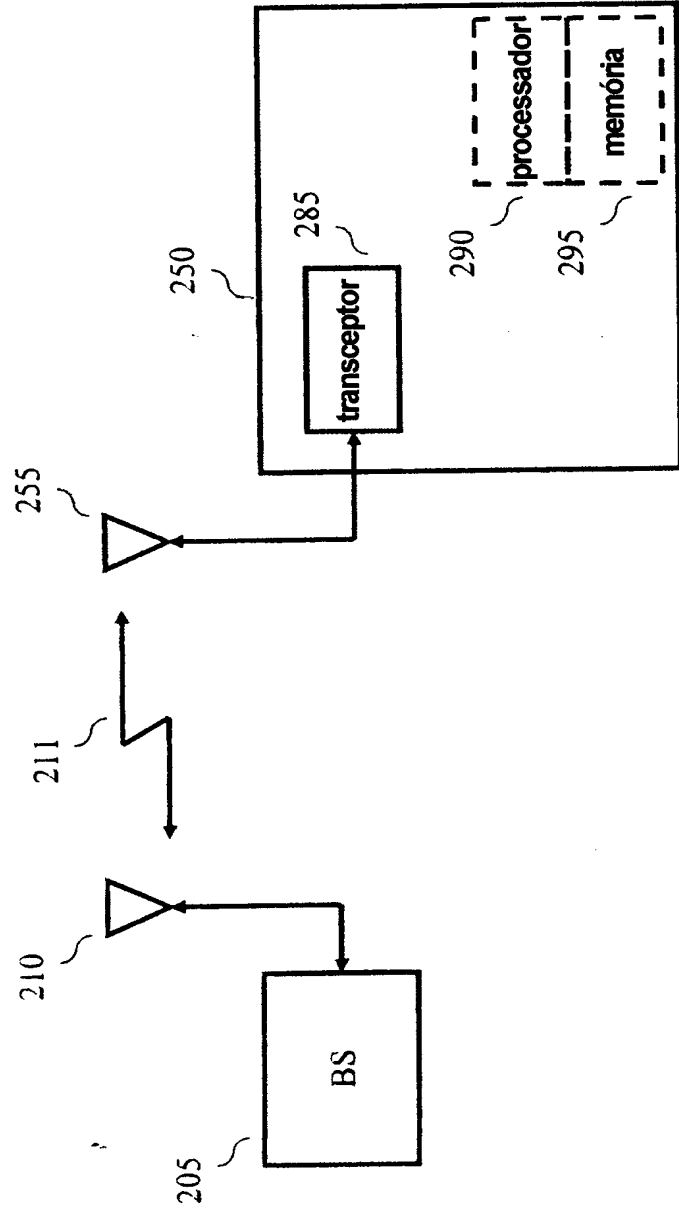


FIG. 4

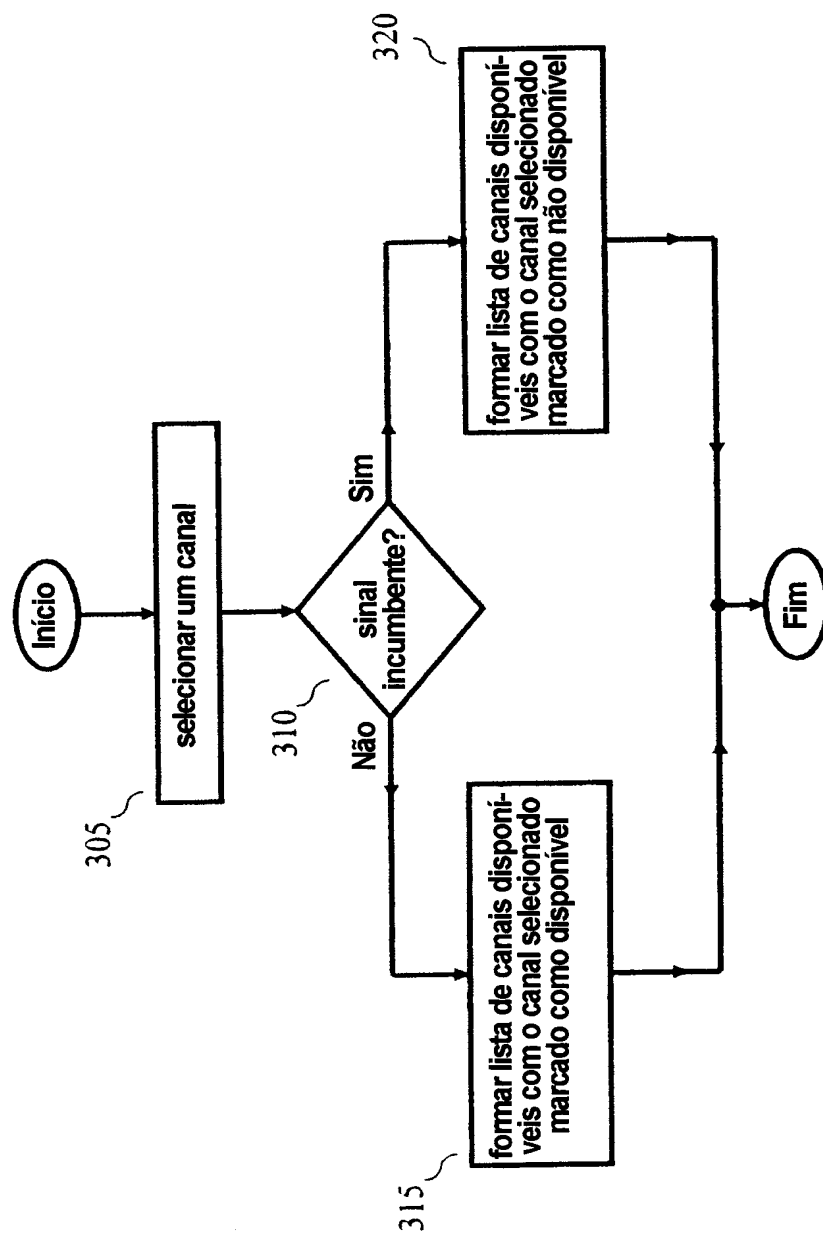


FIG. 5

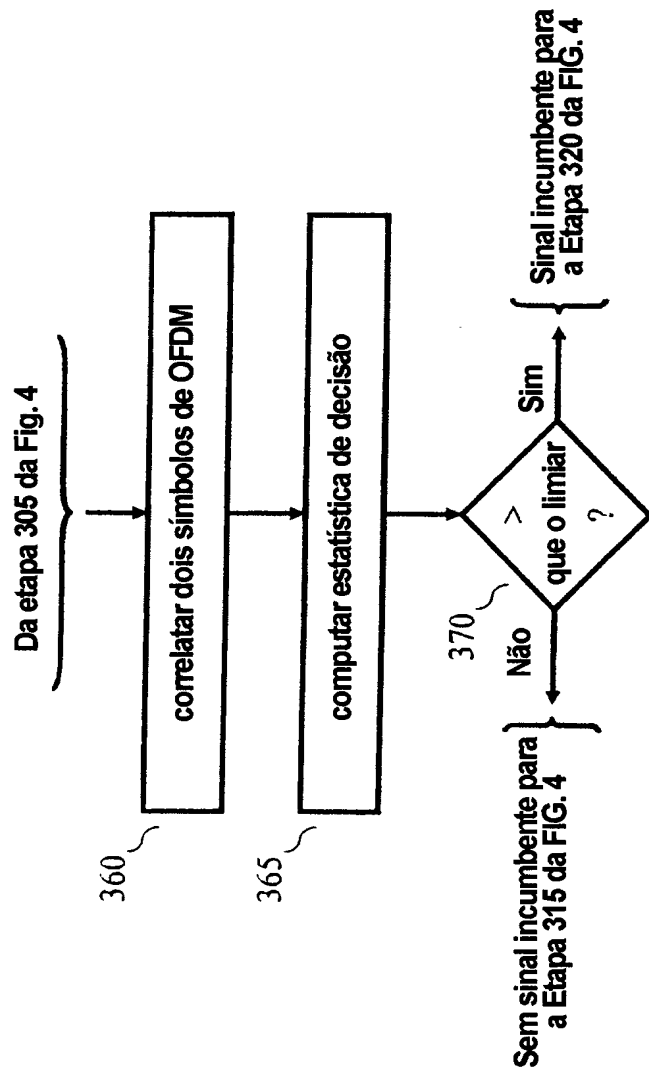
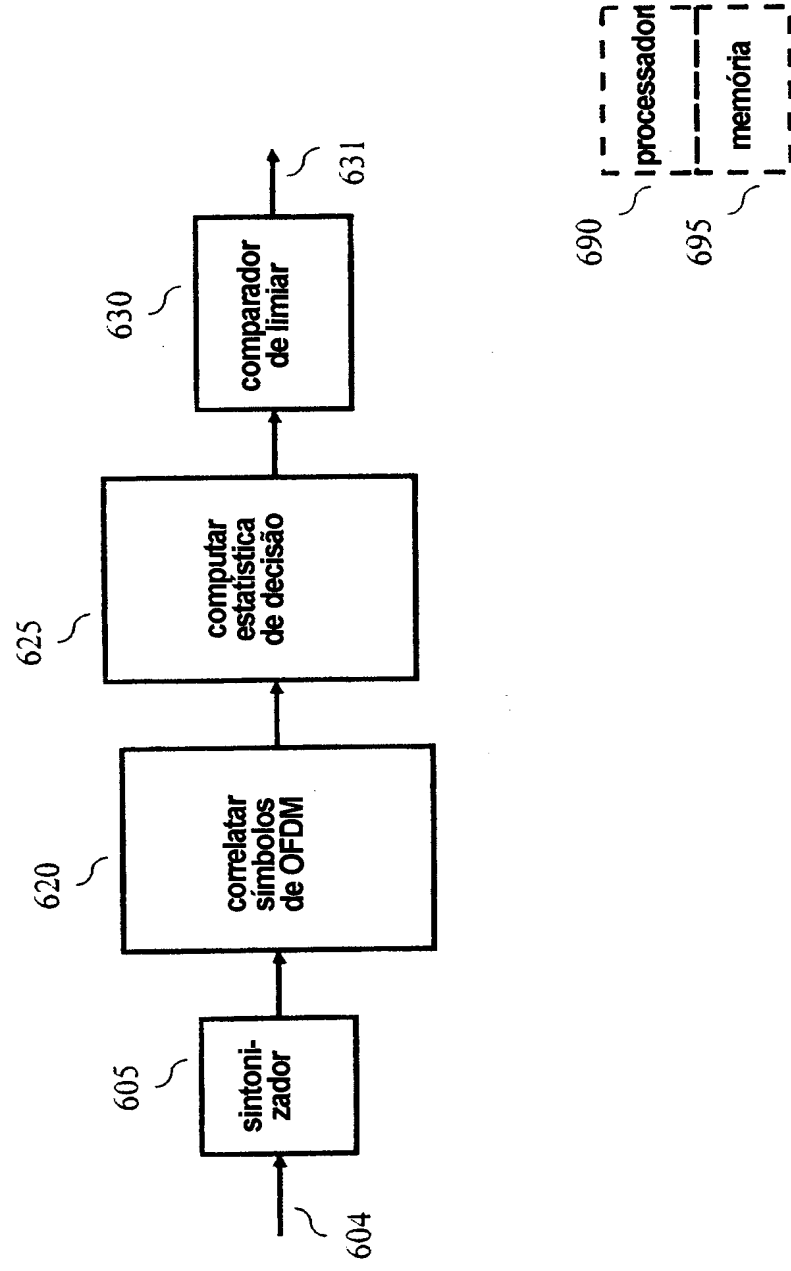


FIG. 6



RESUMO

"SENSORIAMENTO DE ESPECTRO PARA SINAIS DE OFDM UTILIZANDO TONS PILOTOS"

Um aparelho compreende um conversor para fornecer um sinal que pode ser uns
5 símbolos multiplexados por divisão de frequência ortogonal (OFDM) recebidos de um canal
selecionado, cada símbolo de OFDM compreendendo N subportadoras pelo menos algumas
destas são subportadoras pilotos; e um processador que (a) correlata os símbolos de OFDM
recebidos para fornecer pelo menos um valor correlatado, (b) gera um valor métrico como
uma função do pelo menos um valor correlatado e (b) compara o valor métrico a um valor de
10 limiar para detectar se um sinal incumbente está presente.