

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2002.04.17**

(30) Prioridade(s): **2001.04.19 ES 200100916**

(43) Data de publicação do pedido: **2004.02.11**

(45) Data e BPI da concessão: **2008.03.26**
106/2008

(73) Titular(es):

DISEÑO DE SISTEMAS EN SILICIO S.A.
CHARLES ROBERT DARWIN, 2, PARQUE
TECNOLOGICO 46980 PATERNA (VALENCIA)ES

(72) Inventor(es):

JUAN CARLOS RIVEIRO INSUA	ES
FRANCISCO JAVIER JIMENEZ MARQUINA	ES
NILS HAKAN FOUREN	ES
JORGE VICENTE BLASCO CLARET	ES
CARLOS PARDO VIDAL	ES

(74) Mandatário:

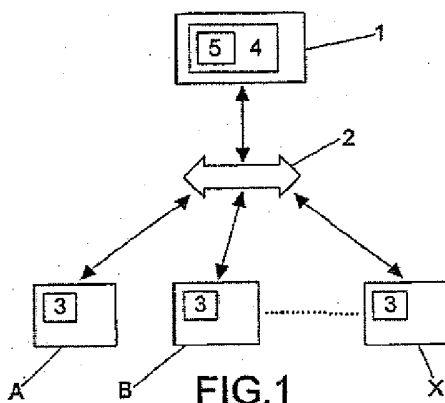
JOSÉ EDUARDO LOPES VIEIRA DE SAMPAIO
R DO SALITRE 195 RC DTO 1250-199 LISBOA **PT**

(54) Epígrafe: **PROCESSO PARA O ACESSO MÚLTIPLO E TRANSMISSÃO NUM SISTEMA PONTO-A--MULTIPONTO NUMA REDE ELÉCTRICA**

(57) Resumo:

Resumo**"Processo para o acesso múltiplo e transmissão num sistema ponto-a-multiponto numa rede eléctrica"**

A presente invenção refere-se a vários equipamentos de utilizador (A, B, ...X) e a um equipamento de cabeça de rede (1) que se encontram ligados através da rede eléctrica (2) por meio de um canal a montante e um canal a jusante. O processo de acordo com a invenção oferece essencialmente o seguinte: acesso a vários kits de utilizador (A, B, ...X) através do canal a montante e o envio simultâneo de vários quadros de informação pela cabeça de rede (1) através do canal a jusante por meio de multiplexagem OFDMA/TDMA/CDMA; um critério que é utilizado para atribuir dinamicamente cada portadora de modo a maximizar a capacidade de transmissão de ambos o canal a montante e canal a jusante; uma qualidade de serviço que pode ser adaptada de acordo com o tipo de informação e o utilizador que solicita a transmissão; e uma atribuição dinâmica da largura de banda por meio de um cálculo e a monitorização constante dos rácios sinal/ruído.



Descrição

"Processo para o acesso múltiplo e transmissão num sistema ponto-a-multiponto numa rede eléctrica"

Objecto da invenção

A presente invenção, tal como descrito no título, refere-se a um processo para o acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados num sistema multi-utilizador para a transmissão digital de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica. Este processo especifica os métodos escolhidos para controlar o acesso à rede eléctrica como um meio de transmissão através do canal a jusante (de um *kit* de cabeça de rede para vários *kits* de utilizador) e canal a montante (dos *kits* de utilizador para o *kit* de cabeça de rede). O processo desta invenção foi concebido especificamente para um sistema tal como descrito na invenção com o pedido de patente número 200003024, com o título: "Sistema ponto-a-multiponto e processo para a transmissão de dados digitais através da rede eléctrica", contudo, a mesma não regula a sua utilização em outros sistemas e estruturas que suportam uma tal aplicação.

O objectivo principal da presente invenção é o de maximizar a capacidade de transmissão, ou colocado de outro modo, a largura de banda que cada utilizador pode extrair de uma rede de distribuição eléctrica.

O campo técnico da invenção situa-se no sector de telecomunicações, mais especificamente, no campo da comunicação bidireccional entre uma cabeça de rede e vários

utilizadores que utilizam a rede eléctrica como meio de transmissão.

Antecedentes da invenção

A utilização da rede eléctrica como meio de comunicação é conhecida da técnica anterior, mas devido ao seu fraco rendimento, a sua utilização como rede de transmissão de dados tem sido limitada à comunicação ponto-a-ponto a velocidades muito baixas.

Isto é devido, entre outra razões, ao facto de na rede eléctrica a ligação e desligamento de dispositivos gerar picos de tensão e variações de impedância na linha provocando sérias perdas de sinal que variam em função da frequência e tempo.

Além disso, vários obstáculos impedem o estabelecimento de comunicação entre uma cabeça de rede e vários utilizadores devido a várias alterações de impedância nas diferentes frequências e à produção de reflexões que fazem com que o sinal recebido seja uma combinação do sinal transmitido e uma série de ecos que circulam através da rede eléctrica com diferentes actuações e atrasos para cada um dos utilizadores no sinal recebido.

Além disso, a atenuação, o ruído, e a resposta do canal variam dinamicamente tanto na frequência como no tempo.

Todos estes obstáculos limitaram a utilização da rede eléctrica para full-duplex, comunicação ponto-a-multiponto de alta velocidade, até ao aparecimento da patente P-200003024, tal como mencionado anteriormente, que suporta um sistema em que vários kits de utilizador e uma cabeça de rede se

encontram em comunicação bidireccional através da rede eléctrica, sendo um canal a montante dos utilizadores para a cabeça de rede, e o outro a jusante que vai da cabeça de rede para os *kits* de utilizador, incluindo um módulo de controlo de acesso médio (MAC) em cada um dos *kits* para maximizar a quantidade de informação que os *kits* de utilizador podem transmitir e minimizar o tempo de latência nestes *kits* de utilizador enquanto que a divisão da rede eléctrica para os canais a montante e jusante é feita por meio de duplexagem por divisão na frequência e/ou por meio da duplexagem por divisão no tempo em que ambos, a cabeça de rede e *kits* de utilizador, compreendem os meios para adaptar a transmissão digital correspondente à rede eléctrica.

O sistema suportado pela patente P-200003024 tal como já mencionado resolve adequadamente as inconveniências mencionadas anteriormente, sendo contudo passível de incorporar diversos processos, entre os quais se encontra o processo descrito na presente invenção.

Por outro lado, são conhecidos outros meios de comunicação para a transmissão de dados na técnica anterior, tais como utilização de par torcido em telefones para estabelecer a comunicação ponto-a-ponto ou ponto-a-multiponto.

Neste contexto citamos a patente US 5.673.290 em que é descrito um processo de transmissão ponto-a-ponto que consiste na comunicação através de um canal a jusante determinada por uma ligação de uma cabeça de rede para vários utilizadores diferentes e comunicação através do canal a

montante determinada por uma ligação do utilizador para a cabeça de rede, em que a comunicação é tornada possível utilizando um sistema de transmissão multi-tom digital discreta (*DMT*) e proporcionando a codificação dos dados digitais e a modulação dos dados codificados através do sinal multi-tom discreto.

Além disso, a linha de comunicação é supervisionada para determinar pelo menos um parâmetro de qualidade da linha, incluindo níveis de ruído em cada uma, e incluindo vários subcanais correspondendo cada um a um tom do subportadora associado. O sistema de modulação é concebido para ter vários factores em conta incluindo os parâmetros de qualidade de linha detectados, os parâmetros de ganhos de subcanal, e um parâmetro de máscara de potência permissível quando se modula o sinal multi-tom discreto. O sistema de modulação é também passível de actualizar dinamicamente as subportadoras utilizadas e a quantidade de dados transmitidos em cada subportadora durante a transmissão para adaptar em tempo real a alterações em subportadoras individuais.

Em aplicações susceptíveis de interferência, as larguras de banda associadas podem ser simplesmente mascaradas ou silenciadas para impedir a interferência em qualquer das direcções e, por isso, os sinais são transmitidos por subportadoras com frequências acima ou abaixo dos níveis de ruído mais significativos.

Além disso, na patente US 5.673.290 a transmissão ocorre com banda de base e a transformação hermitiana real conjugada da informação transmissível (transformação Fourier realmente

rápida). Devido às características já descritas, este processo de transmissão não pode ser aplicado à transmissão através da rede eléctrica.

Além disso, o processo descrito nesta patente US refere-se à comunicação ponto-a-ponto, podendo-se por isso deduzir que não é possível a sua utilização através da rede eléctrica ou a possibilidade da comunicação full-duplex ponto-a-multiponto.

Por outro lado, existem os sistemas de comunicação ponto-a-multiponto tal como descrito na patente número PCT WO96/37062 onde a linha de transmissão pode ser cabo coaxial, fibra óptica ou semelhante, que utilizam o sistema de modulação de acesso múltiplo por divisão ortogonal de frequência (*OFDM*), um sistema de modulação que é bem conhecido da técnica anterior, e ao qual é adicionado um prefixo cíclico a cada símbolo *OFDM* para aliviar os efeitos da propagação por trajectórias múltiplas tal como é bem conhecido no estado da técnica. A utilização do prefixo cíclico com modulação *OFDM* pode estar contida pela modulação *DMT* utilizada no documento anterior e é também largamente utilizada no estado da técnica.

Este documento PCT descreve como os canais são estabelecidos através dos respectivos grupos de subportadoras de modo a que a cada utilizador se encontra atribuído um grupo específico de tons de modo que o hardware e a complexidade envolvida em realizar a transformação Fourier discreta são substancialmente reduzidos. Contudo, como sistema fixo, não permite a atribuição de subportadoras

diferentes para os utilizadores dependendo da frequência dominante e condições do tempo em cada canal, mesmo quando, tal como descrito no caso da patente US 5.673.290, as subportadoras individuais podem ser ligadas ou desligadas para evitar interferências.

Além disso, utilizam um anel remoto para corrigir a frequência de osciladores locais dos vários modems de utilizador.

Podemos também citar a patente US número 5.815.488 e US número 5.828.660 que se referem à comunicação ponto-a-multiponto.

Estes documentos não apresentam uma descrição da adaptação para a transmissão utilizando a rede eléctrica.

Além disso, nenhum dos documentos anteriormente mencionados se refere à transmissão para vários utilizadores, ou como maximizar a saída dos canais a montante e jusante na rede eléctrica.

Descrição da invenção

Para alcançar os objectivos e evitar os inconvenientes indicados nos parágrafos anteriores, a corrente invenção compreende um processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados para um sistema multi-utilizador para a transmissão digital ponto-a-multiponto de dados através da rede eléctrica. Este sistema compreende vários kits de utilizador e um kit de cabeça de rede na comunicação bidireccional através da rede eléctrica, em que: o canal a montante corre dos kits de utilizador para a cabeça de rede e o canal a jusante corre da cabeça de rede para os kits de

utilizador. Cada um dos *kits* contém um controlador de acesso ao meio (*MAC*) para maximizar a quantidade de informação que os *kits* de utilizador podem transmitir e para minimizar a latência do tempo nestes *kits*, sendo que a rede eléctrica é dividida para os canais a montante e jusante por duplexagem por divisão na frequência (*FDD*) e/ou duplexagem por divisão no tempo (*TDD*).

A novidade do processo actual compreende:

- acesso a vários *kits* de utilizador no canal a montante e o envio simultâneo de vários pacotes de informação pela cabeça de rede no canal a jusante por meio de multiplexagem *OFDMA/TDMA/CDMA* (multiplexagem por divisão ortogonal de frequência, multiplexagem por divisão do tempo e/ou multiplexagem por divisão do código);
- critérios para atribuir dinamicamente cada portadora no sistema *OFDM* (multiplexagem por divisão ortogonal de frequência) ao utilizador e entre os utilizadores com informação para enviar nesse momento com capacidade de transmissão maior nesta portadora (mais bits por portadora ou melhor rácio de sinal/ruído) de modo a maximizar a capacidade de transmissão em ambos os canais a montante e jusante, quer dizer, para equalizar ou nivelar a resposta na frequência observada pela cabeça de rede tanto na emissão como na recepção;
- ajustar a qualidade do serviço (*QoS*) dependendo do tipo de informação e dos utilizadores que solicitam a

transmissão, em que esta qualidade de serviços é adaptável de acordo com a resposta de frequência em diferentes momentos e a distâncias diferentes entre *kits* de utilizador e *kit* de cabeça de rede;

- atribuir dinamicamente largura de banda disponível entre os vários pedidos de comunicação calculando constantemente e monitorizando o rácio do sinal/ruído observado pelos *kits* de utilizador e pelo *kit* da cabeça de rede em toda a largura de banda do sistema.

Com isto os recursos da transmissão são distribuídos (quer dizer todas as portadoras no sistema *OFDM*) de acordo com, as necessidades, de transmissão de cada utilizador em cada momento, a qualidade dos parâmetros do serviço estabelecida pelo utilizador, o critério para maximizar a capacidade total do sistema e o critério para minimizar a latência de transmissão, utilizando para isto a redistribuição das portadoras de um símbolo entre os utilizadores (*OFDMA*), no tempo (*TDMA*), quer dizer símbolo para símbolo, e por código (*CDMA*), optimizando a referida redistribuição monitorizando constantemente os parâmetros de qualidade da linha de electricidade, que variam no tempo.

O processo da presente invenção apresenta os meios para maximizar, quer dizer equalizar ou nivelar a resposta de frequência dada pelo *kit* da cabeça de rede tanto na emissão como na recepção devido ao facto de a linha de electricidade actuar como um canal selectivo na frequência entre um ponto e o outro, fazendo com que certas frequências demonstrem um maior rácio de sinal/ruído e por isso maior capacidade de

transmissão do que outras, de modo que para alguns utilizadores algumas frequências serão aquelas que demonstram um rácio maior de sinal/ruído, enquanto que para outros utilizadores, as frequências serão diferentes. Os meios para maximizar, tal como mencionado, consistem de preferência em:

- especificação de um espaço vectorial de dimensão igual para o número de portadoras no canal *OFDM*, onde os elementos que formam o espaço são o número de bits por portadora que cada utilizador pode ver em cada uma das portadoras ou a dimensão da constelação utilizada em cada portadora.

$$V_i = [V_{i1}, V_{i2} \dots V_{in}],$$

em que N é o número total de portadoras utilizadas na ligação de comunicação que se refere ao vector e V_{ix} representa o número de bits utilizáveis por portadora nas comunicações do ou para o utilizador e (dependendo a que link se refere) na portadora x do ponto de vista da cabeça de rede.

- distribuição das portadoras entre os utilizadores com informação para enviar de modo a maximizar a norma um para este vector: $2v^2$, em que v é o vector de bits por portadora (ou dimensão da constelação ou cada portadora) que cada *kit* de cabeça de rede utiliza no símbolo actual, tanto a montante como a jusante;
- agrupar o nome total de portadoras N , a montante e jusante em subcanais de portadoras M para simplificar o cálculo do algoritmo e a implementação, de modo a reduzir as dimensões do espaço vectorial, gerando um

espaço vectorial com as dimensões N/M , em que os valores das coordenadas é a soma de todas as portadoras no subcanal, e dando como resultado a capacidade de transmissão por símbolo *OFDM* que cada utilizador vê em cada subcanal;

- ajustar a largura dos subcanais para a largura de banda coerente, definida como a diferença das frequências entre a posição da frequência da primeira e última portadora em que a variação na resposta de frequência nestas portadoras é menor do que um certo limite.

De acordo com uma forma de realização preferida da invenção, o *MAC* da cabeça de rede compreende um bloco de arbitragem ou árbitro responsável pela distribuição dinâmica da largura de banda nos canais a montante e jusante para as várias comunicações dos *kits* de utilizador, em que os critérios utilizados por este árbitro para atribuir dinamicamente a largura de banda de transmissão são aqueles previamente descritos, e para os quais os seguintes meios são empregues:

- transmissão orientada para pacotes, precedida por um cabeçalho indicando para que utilizador a transmissão é direccionada e em que condições;
- os canais a montante e jusante são divididos em subcanais de modo que os utilizadores são multiplexados para maximizar a transmissão da largura de banda para ambos os canais a montante e jusante;

- atribuição dinâmica de portadoras para os vários utilizadores variando no tempo, de modo que:

- na ligação a jusante os cabeçalhos de cada pacote enviado pelo subcanal indicam, entre outras coisas, o destino, a dimensão e a constelação utilizada, sendo que por isso os utilizadores têm que ser passíveis de detectar e compreender todos os cabeçalhos recebidos por qualquer subcanal, enquanto desmodulam somente informação do pacote direccionado para os mesmos quando sabem o vector de bits por portadora utilizado na modulação;
- na ligação a montante, à parte da divisão nos subcanais ajustados à largura de banda coerente, a divisão no tempo ocorre de modo que é definido um INTERVALO como número de símbolos no canal a jusante entre duas mensagens de atribuição desses INTERVALOS (*SAM*), e que constituem as unidades utilizadas pelo árbitro para atribuir recursos aos utilizadores, em que esses recursos são periodicamente atribuídos enviando mensagens de atribuição de INTERVALOS (conhecidas como *SAM*) pela ligação a jusante em direcção a um kit de utilizador, que pode incluir um ou mais INTERVALOS e que são periodicamente enviados para um número determinado de amostras antes dos INTERVALOS aos quais se referem (quer dizer, eles precedem os mesmos temporariamente), de

modo que o número de símbolos de um INTERVALO é menor do que o andar de latência que pode ser obtido mas a complexidade do sistema é maior tal como o custo da capacidade de transmissão no canal a montante em mensagens de atribuição de recursos (*SAM*);

- medição contínua do rácio de sinal/ruído para cada utilizador em todos os canais tanto a montante como a jusante, para actualizar continuamente a capacidade de transmissão para todos os utilizadores em cada um dos subcanais;
- informação contínua referente a que utilizadores desejam efectuar transmissão e em que quantidades por meio de interrogação (*POLLING*), INTERVALOS e mensagens de petição de recursos (*MPR*) respectivamente, em que as camadas superiores da cabeça de rede a montante são aquelas que informam o árbitro da quantidade de transmissão pendente de informação e de quais utilizadores; e,
- informação sobre a QoS (largura de banda e latência, definida para cada utilizador em função da capacidade do canal e número de utilizadores que dependem do *kit* da cabeça de rede, de modo que o número de INTERVALOS continuamente atribuídos a um único utilizador pode ser limitado nos casos em que vários utilizadores desejam transmitir num dado

momento, mantendo deste modo a igualdade de acesso para utilizadores na ligação a montante.

Quando o kit de cabeça de rede pretende transmitir para um ou mais kits de utilizador através do canal a jusante, o bloco do árbitro distribui dinamicamente largura de banda, utilizando um ou mais dos subcanais mencionados, e ensina aos utilizadores como utilizar estes e outros subcanais por meio dos cabeçalhos nos pacotes de informação enviados pelos subcanais, de modo que cada kit de utilizador descodifica os dados correspondentes quando detecta que um dos referidos cabeçalhos se refere a um pacote direccionado para o mesmo (um kit de utilizador pode receber mais do que um pacote de vários subcanais distintos), sendo o cabeçalho passível de indicar a transmissão de um novo pacote para o utilizador ou que o subcanal para onde o cabeçalho é enviado será utilizado para acelerar a transmissão de um pacote enviado previamente por outro subcanal, ou subcanais, para o mesmo utilizador, por meio de agregação das portadoras deste novo subcanal e aqueles já utilizados para a transmissão do pacote anterior.

Os cabeçalhos enviados pelos subcanais na ligação a jusante são modulados de preferência com modulações que apresentam exigências limitadas de rácio de sinal/ruído para a sua descodificação, de preferência *DPSK* (modulação de fase diferencial) e/ou *QPSK* (modulação por deslocamento de fase quaternária), assim como códigos de correcção/detecção de erro e diversidade de frequência (enviar a mesma informação em diferentes portadoras) e/ou diversidade no tempo (enviar a mesma informação em diferentes momentos) para aumentar a

probabilidade de decodificar correctamente o referido cabeçalho.

Além disso, os cabeçalhos já mencionados incluem todas as informações necessárias para o pacote de informação apropriado, de modo que o destino, tipos de pacote, utilização de diversificação na frequência e/ou no tempo, se o pacote for destinado a um utilizador ou vários utilizadores (modo MULTIDIFUSÃO) e/ou todos os utilizadores (modo DIFUSÃO), a modulação utilizada para cada portadora, se tiver sido empregue a redundância FEC (redundância de correcção de código/detecção de erro) para proteger o pacote de informação, e/ou se o subcanal para o qual o cabeçalho é enviado será utilizado para acelerar a transmissão de informação de um pacote enviado previamente por outro subcanal, ou outra informação.

Por outro lado, os INTERVALOS anteriormente mencionados, nos quais a ligação a montante se encontra dividida, podem ser utilizados pelos kits de utilizador para:

- a transmissão de pedidos para mensagens de interrogação (*POLLING*);
- a transmissão de mensagens de pedido de recursos (*MPR*),
- a transmissão de dados incluindo um ou todos dos seguintes:
 - sequências de sincronização
 - sequências de equalização
 - sequências para determinar o rácio do sinal/ruído e/ou

- dados com a informação que o utilizador deseja enviar para a cabeça de rede.

Na ligação a montante o árbitro compreende os meios para munir cada *kit* de utilizador com a largura de banda mais adequada de forma variável, oferecendo mais ou menos INTERVALOS de acordo com parâmetros tais como a quantidade de informação a ser enviada, a qualidade do serviço solicitado, o tipo de informação a ser enviado, o rácio de sinal/ruído observado pelos utilizadores nos INTERVALOS concebidos, e outros, por meios de um algoritmo de atribuição óptima de INTERVALOS e comunicando as decisões tomadas pelo referido árbitro para os *kits* de utilizador utilizando mensagens SAM.

O processo utilizado para comunicar decisões sobre a distribuição de INTERVALOS na ligação a montante tal como retirado pelo árbitro da cabeça de rede é o envio de mensagens de atribuição SAM pela ligação a jusante a cada *kit* de utilizador, e que podem incluir informação sobre um ou vários INTERVALOS, enviado periodicamente e sempre com um número determinado de amostras antes dos INTERVALOS aos quais se referem (quer dizer, eles precedem temporariamente os mesmos) incluindo pelo menos:

- a indicação do utilizador ou utilizadores aos quais é dado cada INTERVALO,
- a utilização que deverá ser atribuída a cada INTERVALO,
- o número de símbolos no interior do INTERVALO que serão dados a cada utilizador,

- o número do símbolo a partir do qual cada utilizador pode utilizar o INTERVALO,
- informação sobre a modulação que tem de ser utilizada para a transmissão de dados, de preferência *QPSK* ou uma constelação negociada com o *kit* de cabeça de rede para a velocidade de erro determinada em função do rácio sinal/ruído do canal;

pode também incluir:

- confirmação da recepção das mensagens de petição de recursos (*MPR*),
- restrição de acesso a determinados *kits* de utilizador,
- a correcção de desvio na janela de transmissão temporal dos *kits* de utilizador,
- informação sobre o controlo de potência,
- tipo e número de dados a serem enviados pelo utilizador, quer dizer se 0 ou mais símbolos de equalização ou sincronização deverão ser enviados e uma estimativa dos dados do som/ruído e/ou informação.

De preferência estas mensagens *SAM* são codificadas com alguma protecção adicional contra erros, tais como códigos com uma capacidade maior para correcção/deteção de erro, diversidade na frequência ou tempo, e outros sistemas.

Além disso, no canal a jusante, o árbitro assume a função de distribuição tendo em conta parâmetros tais como os rácios sinal/ruído (ou a resposta de frequência) que os *kits* de utilizador observam nos subcanais, a prioridade da mensagem, a quantidade de informação, entre outros. Os

utilizadores descodificam os cabeçalhos enviados através da ligação a jusante e decidem se eles têm de tirar os dados enviados pelo mesmo subcanal como cabeçalho, a começar com a informação sobre o destino, incluindo o referido cabeçalho.

O árbitro pode ordenar a utilização de um ou mais subcanais adicionais para o despacho correspondente, ou para aumentar a largura de banda de utilizador, sendo o objectivo o de acelerar a transmissão do pacote correspondente, atribuindo mais do que um subcanal para transmitir mais do que um pacote de informação num período, indicando qualquer uma destas decisões por meio do cabeçalho nas mensagens despachadas.

O árbitro pode distribuir os utilizadores nos vários subcanais, tanto a montante como a jusante, de modo que a largura de banda utilizada é maximizada a cada momento, com base na resposta de frequência que cada utilizador pode observar nos vários subcanais.

Nos canais a montante e jusante, no momento de atribuir recursos o árbitro utiliza QoS como um dos critérios para minimizar a latência, quer dizer, cada *kit* de utilizador transmite o mais rápido possível após colocar um pedido de acesso na ligação a montante, ou que um pacote seja transmitido do *kit* da cabeça de rede para um utilizador o mais rápido possível.

A mensagem *MPR*, previamente mencionada, é de preferência uma mensagem de controlo relativamente curta que informa quando um *kit* de utilizador deseja transmitir dados e como uma opção, sobre a dimensão do bloco de informação a ser

enviado e a qualidade do serviço solicitado pelo *kit* de utilizador durante os seguintes momentos:

- quando uma mensagem *SAM* recebida pelo *kit* de utilizador indica que o próximo INTERVALO atribuído ao referido *kit* é o último numa série de INTERVALOS de transmissão de dados, o *kit* de utilizador irá utilizar parte do INTERVALO para enviar uma mensagem *MPR* caso existam mais dados para transmitir,
- quando o *kit* do utilizador não tiver mais dados para enviar e ainda tiver INTERVALOS atribuídos, neste caso a mensagem *MPR* correspondente irá indicar à cabeça de rede para não atribuir mais INTERVALOS e para reatribuir os INTERVALOS restantes a outros *kits* de utilizador
- quando um *kit* de utilizador tem atribuído um INTERVALO (por meio de um *SAM*) dedicado à petição de recursos (*MPR*), de modo que o(s) *kit*(s) de utilizador que deseja(m) transmitir, irá(irão) enviar o seu *MPR* neste INTERVALO (utilizando uma parte pequena deste aleatoriamente ou por meio de um algoritmo determinado que tem em conta o tipo de utilizador, o tipo de informação e outros parâmetros); de modo que o *kit* de cabeça de rede detecta possíveis correcções quando vários *kits* de utilizador coincidem na petição de recursos na mesma zona do INTERVALO, de modo que as colisões são resolvidas por meio de algoritmos conhecidos na técnica anterior ou deixando os *kits* de utilizador retransmitir as suas posições em

intervenções posteriores até que a competição entre utilizadores esteja resolvida.

O *POLLING* de INTERVALOS permite que um número máximo de utilizadores sejam questionados no que se refere se eles têm ou não informação para transmitir por meio de um algoritmo de interrogação, sendo o objectivo que não sejam sempre os mesmos kits de utilizador questionados quando o referido número máximo é excedido e sejam incluídos na cabeça de rede como um meio para classificar os kits de utilizador em várias categorias dependendo da actividade que os utilizadores demonstram, sendo que para obter esta informação a cabeça de rede atribui INTERVALOS (*POLLING*) de interrogação àqueles utilizadores em cuja actividade exige informação, respondendo estes na parte do INTERVALO atribuído aos mesmos quando têm informação para enviar.

Quando um kit de utilizador tem dados para enviar espera até que uma mensagem (*SAM*) anuncie que um dos seguintes INTERVALOS é destinado para *POLLING* ou MPR, de modo que se recebe um *POLLING SAM* são executados os seguintes passos:

- os kits de utilizador verificam certos bits no *SAM* que indicam se pertence ou não ao grupo de utilizadores que podem utilizar o próximo INTERVALO de *POLLING*,
- a mensagem *SAM* indica as posições em que o kit de utilizador tem que responder ao pedido de recursos, sendo essas posições determinadas pelo kit da cabeça de rede que monitoriza constantemente o rácio de sinal/ruído e que pode ser visto pelo kit de

utilizador nas várias portadoras (frequências disponíveis para a comunicação a montante);

- o INTERVALO de *POLLING* é dividido em várias zonas válidas que são troços pequenos de tempo/frequência, seleccionando os *kits* de utilizador a zona indicada pelo *SAM* de modo a evitar uma colisão de petições;
- o *kit* de utilizador envia uma mensagem *POLLING* na zona seleccionada; e
- se o referido *POLLING* tiver sido recebido no *kit* da cabeça de rede, o *kit* do utilizador irá posteriormente receber mensagens *SAM* atribuindo INTERVALOS enquanto que se não os tiver recebido, o *kit* de utilizador terá que esperar até que haja um novo *SAM POLLING* contudo, se tiver recebido um anúncio de um *SLOT MPR* num *SAM*, o *kit* do utilizador irá enviar a mensagem *MPR* no referido INTERVALO em que à parte da necessidade de transmitir, indica, de preferência, a dimensão da informação que deseja enviar, a prioridade, a *QoS* recebido, a forma em que a referida informação pode ser descodificada pela cabeça de rede e se pode ser utilizada para optimizar o algoritmo para atribuição de INTERVALOS de arbitragem tendo previsto isto se a cabeça de rede detectar colisão irá iniciar um algoritmo para resolver esta colisão ou esperar que os *kits* de utilizador transmitam a sua petição noutro INTERVALO *MPR* ou *POLLING* (dado que o árbitro não garante

qualquer INTERVALO de transmissão de dados no SAM seguinte).

Numa forma de realização preferida da invenção, os kits de utilizador seguem as decisões tomadas pela cabeça de rede no que se refere ao momento de transmitir, as portadoras a serem utilizadas, o tipo de modulação e outros parâmetros, de acordo com o seguinte processo:

- tendo correctamente recebido os pedidos de transmissão de um kit de utilizador, a cabeça de rede atribui INTERVALOS de tempo/frequência suficientes a partir de uma estimativa feita de acordo com a actividade, capacidade de transmissão, qualidade do serviço e outros parâmetros do kit de utilizador que faz o pedido e de acordo com o rácio sinal/ruído monitorizado no subcanal, sendo o árbitro responsável pela distribuição de INTERVALOS entre os utilizadores que fazem o pedido para enviar dados com o algoritmo anteriormente mencionado;
- quando um kit de utilizador detecta, por meio de desmodulação e descodificação da mensagem SAM que um ou mais INTERVALOS se encontram destinados para o mesmo, executa as seguintes operações:
 - verifica o tipo de cada um dos INTERVALOS atribuídos e a modulação que tem que ser utilizada em cada portadora de cada INTERVALO, sendo a mensagem SAM responsável para a comunicação desta informação de acordo com aquilo atribuído pelo árbitro;

- calcula quantos bits serão passíveis de transmitir no total (e extrai os dados da sua memória), sendo esta informação sobre os dados, equalização, sincronização estimativa do som/ruído ou qualquer outra combinação destes, tal como se encontra indicado na mensagem a ser atribuída a este INTERVALO;
- espera até que o símbolo iniciar comece na parte do INTERVALO que tem de transmitir, e executa a transmissão de dados utilizando a modulação seleccionada;
- se qualquer dos INTERVALOS atribuídos for do tipo de diversidade no tempo ou frequência, o kit de utilizador tem de transmitir a informação modulada de forma segura (de preferência QPSK) repetida várias vezes na frequência, quer dizer, transmitir a mesma informação da portadora k nas portadoras $k+N$, $k+2*N$, etc., dependendo da diversidade utilizada e portadoras atribuídas, ou repetir várias vezes em vários momentos (diversidade no tempo);
- se o INTERVALO for um *POLLING* ou *MPR* o processo anteriormente mencionado é utilizado.

A multiplexagem CDMA, já mencionada, compreende um processo de salto de frequência que é aplicado às portadoras pois os kits de utilizador utilizam somente algumas das portadoras no momento de transmissão, de acordo com uma sequência que indica a cada momento os quais as portadoras.

podem ser utilizadas para enviar informação, sendo esta sequência pré-definida e passível de ser gerada por uma sequência pseudo-aleatória cujo início é comunicado por meio de mensagens SAM, enquanto que se o referido processo é aplicado aos subcanais, a sequência é utilizada para indicar ao kit de utilizador que subcanal tem que ser utilizado para transmitir a cada momento no tempo.

Os cabeçalhos do pacote de informação enviados pelos INTERVALOS na ligação a montante são modulados, de preferência com modulações que para descodificação apresentam baixas exigências de rácio de sinal/ruído, tal como DPSK (modulação de fase diferencial) e/ou QPSK (modulação de fase em quadratura), juntamente com códigos de correcção/detecção de erro e diversidade de frequência (enviando a mesma informação através de portadoras distintas) e/ou tempo (enviando a mesma informação em diferentes momentos) para aumentar a probabilidade da descodificação correcta.

Os cabeçalhos, mencionados anteriormente, incluem todas as informações necessárias sobre o pacote de informação correspondente, tal como informação sobre o tipo de pacote, utilização da frequência e/ou diversidade no tempo, a modulação utilizada para modular a informação no pacote (por exemplo todas as portadoras em QPSK ou todas as portadoras com a constelação fixada para uma tarefa de erro determinada em função do rácio de sinal/ruído no canal após cada utilizador ter negociado com a cabeça de rede) e a redundância FEC (redundância de correcção do código/detecção

de erro) com a qual a informação no pacote é protegida, entre outros.

O processo na presente invenção pode compreender uma série de controlos para maximizar o rácio de sinal/ruído para todos os utilizadores sem penalizar nenhum deles durante a transmissão permitindo deste modo o acesso múltiplo no mesmo símbolo *OFDM* e na ligação a montante e, a transmissão de vários pacotes de informação simultaneamente na ligação a jusante; sendo os referidos controlos:

- controlo da potência injectada para cada *kit* de utilizador;
- controlo da janela do tempo para cada *kit* de utilizador;
- controlo da frequência da amostra, que é a sincronização na frequência dos *kits* de utilizador.

É utilizado o controlo automático do ganho e/ou máscara de potência nestes controlos na potência injectada pela qual os sinais dos *kits* dos utilizadores chegam na cabeça de rede com aproximadamente a mesma potência de modo que se pode trabalhar com conversores A/D (analógicos/digitais) com poucos bits sem perder o rácio de sinal/ruído na recepção.

Por outro lado, o controlo da janela, tal como mencionado, é utilizado para controlar os sinais dos vários utilizadores que chegam na cabeça de rede ao mesmo tempo, quer dizer, o início de todos os símbolos *OFDM* enviados chegam na mesma janela do tempo na cabeça de rede; este controlo é feito por meio de:

- um ajuste no anel aberto que ocorre no canal a jusante, e que representa um ajuste por alto na janela do tempo e em que cada *kit* de utilizador pode ver os pacotes que chegam através do canal a jusante, e dos quais as amostras que têm que ser atrasadas/avançadas na transmissão são aproximadamente induzidas de modo que chegam na cabeça de rede no momento óptimo;
- um ajuste no anel fechado que ocorre no canal a montante e a jusante por meio das mensagens *SAM* que representam um ajuste fino na janela do tempo e em que o *kit* da cabeça de rede detecta e comunica o número de amostras que têm que ser atrasadas/avançadas pelo *kit* de utilizador para alcançar o momento óptimo para transmissão.

Finalmente, no controlo de frequência mencionado anteriormente, a seguir à sincronização, cada *kit* de utilizador conhece a frequência da amostra utilizada pela cabeça de rede, a qual depois utiliza para corrigir a transmissão no canal a montante de modo que não existem erros na frequência de recepção; são utilizados os seguintes processos para corrigir a frequência de transmissão nos *kits* de utilizador:

- correcção de erro residual nas portadoras por meio de um rotor, que compensa a rotação que cada portadora sofre (multiplicando cada portadora pelo exponencial complexo no ângulo desejado); e

- correcção da frequência da amostra por meio do elemento corrector da frequência (que pode consistir num reamostrar na parte do tratamento digital do sistema, e/ou no oscilador variável ou VCXO na parte analógica), sendo considerado que se os relógios correspondentes forem suficientemente precisos, não é necessário utilizar o referido elemento corrector de frequência, suficiente para corrigir simplesmente o erro residual nas portadoras com um rotor anteriormente referido.

Os seguintes desenhos são proporcionados para facilitar um melhor entendimento da presente invenção e embora formando parte integrante da descrição pormenorizada e reivindicações, oferecem uma representação ilustrativa mas não limitada aos princípios da invenção.

Breve descrição dos desenhos

- Figura 1 esquema de uma estrutura ou sistema em que o processo da presente invenção pode ser aplicado.
- Figura 2 esquema da divisão do tempo e frequência de INTERVALOS pelo canal a montante utilizando um exemplo da presente invenção.
- Figura 3 esquema de um quadro na divisão de subcanais para o canal a montante ou a jusante tal como utilizado pelo processo da presente invenção.
- Figura 4 esquema de um exemplo da atribuição de portadoras pelo canal a jusante num sistema utilizado pelo processo descrito na presente invenção.

Figura 5 esquema da transmissão de pacotes com cabeçalhos para cada subcanal num canal a jusante de um sistema que utiliza o processo da presente invenção.

Figura 6 esquema de utilização do processo de salto de frequência num canal a montante de um sistema que utiliza o processo descrito na presente invenção.

Descrição de uma forma de realização da invenção

A seguir é apresentada uma descrição de uma forma de realização preferida da invenção, sendo que os números se referem à numeração utilizada nos desenhos.

O processo utilizado neste exemplo aplica-se a um sistema que apresenta vários kits de utilizador (A, B, ...X) e um kit de cabeça de rede (1).

Estes kits (A, B, ...X) e (1) encontram-se em comunicação bidireccional através da rede eléctrica (2), estabelecendo um canal a montante que vai do kit de utilizador (A, B, ...X) para a cabeça de rede (1) assim como um canal a jusante que vai do kit da cabeça de rede (1) para os kits de utilizador (A, B, ...X).

Ambos os kits de utilizador (A, B, ...X) e a cabeça de rede (1) compreendem um controlador de acesso ao meio (MAC) que é representado pelo número 3 para os kits de utilizador e número 4 para o kit da cabeça de rede.

Por meio deste MAC, a quantidade de informação que os kits de utilizador (A, B, ...X) podem transmitir é maximizado e a latência do tempo é minimizado para os referidos kits (A, B, ...X).

Para ter duas ligações de comunicação, uma ligação a montante e uma ligação a jusante através do meio físico que é a rede eléctrica, tem que se efectuar a divisão de frequência (*FDD* = duplexagem por divisão de frequência) ou divisão do tempo (*TDD* = duplexagem por divisão no tempo).

A configuração descrita encontra-se representada na figura 1.

O processo descrito no exemplo actual apresenta as seguintes quatro características essenciais:

- acesso a vários *kits* de utilizador (A, B, ...X) no canal a montante e o envio simultâneo de vários pacotes de informação pela cabeça de rede (1) no canal a jusante por meio de multiplexagem ou *OFDMA/TDMA/CDMA* (multiplexagem por divisão ortogonal da frequência, multiplexagem por divisão do tempo e/ou multiplexagem por divisão do código);
- critérios para atribuir dinamicamente cada portadora no sistema *OFDM* (multiplexagem por divisão ortogonal da frequência) ao utilizador e entre os utilizadores com informação para enviar nesse momento com uma maior capacidade de transmissão por portadora (mais bits por portadora ou melhor rácio de sinal/ruído) de modo a maximizar a capacidade de transmissão em ambos os canais a montante e jusante, quer dizer, para equalizar ou nivelar o pedido na frequência observado pela cabeça de rede tanto na emissão quanto na recepção;

- qualidade ajustável de serviço (QoS) dependendo do tipo de informação e dos utilizadores que necessitam de transmissão, em que esta qualidade de serviços é adaptável de acordo com a resposta de frequência em diferentes momentos e a diferentes distâncias entre kits de utilizador (A, B, ...X) e kit da cabeça de rede (1);
- atribuição dinâmica de largura de banda disponível entre os vários pedidos de comunicação calculando e monitorizando constantemente o rácio de sinal/ruído observado pelos kits de utilizador (A, B, ...X) e pelo kit da cabeça de rede (1) em toda a largura de banda do sistema.

Por meio de estas quatro características os recursos de transmissão são distribuídos, quer dizer todas as portadoras no sistema OFDM de acordo com as necessidades de transmissão de cada utilizador em cada momento, a qualidade dos parâmetros do serviço estabelecida para o utilizador, o critério para maximizar a capacidade total do sistema e o critério para minimizar a latência de transmissão, utilizando para isto a redistribuição das portadoras de um símbolo entre os utilizadores (OFDMA), no tempo (TDMA), quer dizer símbolo a símbolo, e por código (CDMA), otimizando a referida redistribuição por monitorização constante dos parâmetros de qualidade para a linha de electricidade, que variam no tempo.

No processo neste exemplo o kit da cabeça de rede (1) é responsável pela distribuição da largura de banda entre os kits de utilizador (A, B, ...X) tendo em conta factores tais

como a qualidade de serviço atribuído a cada um dos utilizadores. O canal a montante encontra-se dividido em intervalos de tempo e frequência, conhecidos como INTERVALOS, representados na figura 2, sendo estes INTERVALOS distribuídos entre os utilizadores que desejam transmitir. Um árbitro ou árbitro (5) localizado no MAC (4) da cabeça de rede (1) executa esta distribuição. A informação sobre o que INTERVALOS têm que ser utilizados por cada utilizador e ou que símbolos do INTERVALO têm que ser utilizados por um ou mais utilizadores, juntamente com informação sobre o tipo de modulação para utilizar nos INTERVALOS e símbolos atribuídos, a função de cada um, etc., é introduzida nas mensagens de atribuição de INTERVALO conhecidas como SAM que são periodicamente enviadas pelo canal a jusante a todos os kits de utilizador (A, B, ...X).

A flexibilidade deste compartilhamento composto permite a utilização óptima do meio de transmissão. Uma série de controlos encontram-se também incluídos para isto, os quais consistem em:

- controlo da potência injectada para cada utilizador (A, B, ...X);
- controlo da janela do tempo para cada utilizador (A, B, ...X);
- controlo da frequência de amostra, quer dizer, a sincronização na frequência dos kits de utilizador (A, B, ...X).

Para distribuir dinamicamente largura de banda nas ligações a montante e jusante, estas ligações, ou canais, são

divididas numa série de subcanais que são feitos de grupos de várias portadoras.

A largura de banda nos subcanais é ajustada às características da rede eléctrica (2), especificamente aquela largura de banda coerente para o canal; sendo a referida largura de banda coerente definida para sistemas de transmissão multi-portadoras tal como a diferença nas frequências entre a posição da frequência da primeira e última portadora em que a variação na resposta de frequência nestas portadoras é menor do que um certo limite (tal como, por exemplo 12dB).

Quando os subcanais são ajustados à largura de banda coerente, pode ser assegurado que a resposta de frequência para as portadoras neste subcanal para um determinado utilizador será incluída. Por isso, um utilizador irá ver todas as portadoras que formam o subcanal com um rácio de sinal/ruído relativamente estável.

Este ajuste permite que os utilizadores possam ser seleccionados em função da resposta de frequência observada nos subcanais. A cada utilizador podem ser atribuídas zonas espectrais óptimas de modo a maximizar a largura de banda média observada em cada ligação. Além disso, os subcanais podem também ser atribuídos a vários utilizadores que observam uma resposta de frequência ortogonal um para o outro (em subcanais em que o utilizador observa e baixo S/N, um outro observador pode observar um elevado S/N ou vice-versa), de modo a ser possível maximizar a utilização da largura de banda.

No melhor dos casos o objectivo é deter uma granulação de tal modo elevada que um subcanal consista em somente uma portadora. Neste caso são necessários algoritmos complexos que são demasiado dispendiosos no tempo e na capacidade do processo para atribuir utilizadores aos subcanais de acordo com a resposta de frequência em cada subcanal, para maximizar a vantagem na largura de banda média. Para ter algoritmos rápidos e manuseáveis, a ligação é dividida em oito ou dezasseis subcanais nas ligações a montante e jusante, sempre de acordo com o limite imposto pela largura de banda coerente para o canal.

A figura 3 apresenta um exemplo de um quadro em que quatro utilizadores A, B, C e D mantêm com uma resposta de frequência maior do que um limite determinado para cada um dos quatro subcanais 13, 14, 15 e 16 em que o canal a montante se encontra dividido. Este quadro é mantido no kit da cabeça de rede (1) e é utilizado durante a distribuição da largura de banda para os utilizadores, de modo a maximizar a largura de banda média quando se atribui subcanais aos utilizadores que observam uma resposta de frequência ortogonal.

O quadro na figura 3 apresenta um exemplo do primeiro critério de distribuição utilizado. Quando um utilizador deseja transmitir na ligação a montante, ou quando a cabeça de rede deseja transmitir para um utilizador através da ligação a jusante, o quadro mencionado ou um semelhante é utilizado para observar em que subcanal pode ser enviada informação.

Um dos pontos mais importantes para otimizar a comunicação simultânea por vários utilizadores através da rede eléctrica (2) é a atribuição dinâmica de largura de banda entre os utilizadores.

Otimizar a atribuição das portadoras aos utilizadores exige cálculo constante e monitorização da resposta de frequência ou rácio de sinal/ruído dos utilizadores e *kit* da cabeça de rede em ambos os canais de comunicação. Isto é devido ao facto de a rede eléctrica não ser um meio estável, mas sofrer alterações em função da transferência no tempo dependendo da distância que existe entre o utilizador em questão e a cabeça de rede.

O objectivo é sempre o de encontrar a atribuição óptima de portadoras para cada utilizador, de acordo com o critério de maximização da capacidade média do canal de comunicação, o que pode ser alcançado maximizando o rácio de sinal/ruído na largura de banda total.

Para distribuir largura de banda, são determinados os utilizadores para os quais a comunicação é desejada. A cabeça de rede 1 sabe esta informação para a ligação a montante devido às mensagens de petição de recursos (*MPR*) e ao questionamento dos utilizadores (*POLLING*), enquanto que a jusante irá saber o destino dos pacotes a serem enviados.

Uma vez que os utilizadores implicados na comunicação são conhecidos é utilizado um quadro ou base de dados do tipo apresentado na figura 3 para determinar que subcanais têm que ser atribuídos a cada utilizado, sendo o objectivo o de maximizar a capacidade de transmissão.

Para maximizar, quer dizer para equalizar ou nivelar a resposta de frequência dada pela cabeça de rede 1 tanto na emissão como recepção são seguidos os seguintes passos:

- é especificado um espaço de vector de dimensão igual ao número de portadoras no canal *OFDM*, em que os elementos que formam este espaço são o número de bits por portadora que cada utilizador pode ver em cada uma das portadoras ou a dimensão da constelação utilizada em cada portadora.

$$V_i = [V_{i1}, V_{i2} \dots V_{iN}],$$

em que N é o número total de portadoras utilizado na ligação de comunicação referente ao vector e V_{ix} representa o número de bits utilizáveis por portadora nas comunicações do ou para o utilizador i (dependendo a que ligação se refere) na portadora x do ponto de vista da cabeça de rede.

- as portadoras são distribuídas entre os utilizadores com informação para enviar de modo a maximizar a norma, sendo uma para este vector: $2v^2$, em que v , é o vector de bits por portadora (ou dimensão da constelação ou cada portadora) que cada *kit* de cabeça de rede utiliza no símbolo actual, tanto a montante como a jusante;
- agrupamento do número total de portadoras N , a montante e jusante em subcanais das portadoras M para simplificar o cálculo do algoritmo e a implementação, de modo a reduzir a dimensão do espaço de vector, gerando um espaço de vector com as dimensões N/M , em

que os valores das coordenadas é a soma de todas as portadoras no subcanal, e dando como resultado a capacidade de transmissão por símbolo *OFDM* que cada utilizador vê em cada subcanal;

- ajuste da largura dos subcanais para a largura de banda coerente, definida como a diferença das frequências entre a posição da frequência da primeira e última portadora em que a variação na resposta de frequência nestas portadoras é menor do que um certo limite.

Uma vez que a cabeça de rede 1 conhece os *kits* de utilizador (A, B, ...X) que irão transmitir, ou aqueles que irão receber se for o canal a jusante, esta observa a qualidade das exigências de serviço *QoS* e os subcanais adequados no quadro anteriormente mencionado. Finalmente, como o critério de distribuição utiliza um algoritmo ortogonal e depois distribui largura de banda entre os utilizadores mais ortogonais (mais diferentes). Deste modo a resposta de frequência no canal de comunicação tal como observado pela cabeça de rede 1 é a mais nivelada possível.

A figura 4 apresenta uma representação gráfica da atribuição de portadoras para um canal a jusante e o envio de informação do *kit* da cabeça de rede 1 para alguns utilizadores A e B. O eixo 18 e 19 representam respectivamente o rácio de sinal/ruído, ou bits por portadora e frequência portadora. O gráfico 20 representa o canal observado na direcção do utilizador A, quer dizer, a resposta do canal nas portadoras na ligação a jusante em termos de S/N

ou bits por portadora suportados pelo utilizador A que a cabeça de rede utiliza para otimizar a transmissão para este utilizador enquanto que o gráfico 21 representa o canal observado na direcção do utilizador B. A distribuição seleccionada 17 pelo kit de cabeça de rede 1 encontra-se representada pelo gráfico 22.

Quando o kit de cabeça de rede 1 deseja transmitir para um utilizador específico, este utiliza um dos subcanais e aconselha sobre o destino, utilizando o subcanal por meio do cabeçalho do pacote enviado por este subcanal. Os utilizadores descodificam o cabeçalho que indica que um pacote é directamente para eles e descodifica os dados correspondentes.

Somente a cabeça de rede 1 pode transmitir a jusante para um ou vários utilizadores (A, B, ...X). A cabeça de rede 1 pode reordenar os pacotes que têm que ser enviados para os vários utilizadores para garantir um QoS determinado, embora possa também funcionar no modo de rajada, quer dizer, colocando em fila de espera directamente os pacotes a serem enviados assim que as camadas superiores tiverem determinado o que tem que ser transmitido.

Na ligação a jusante são enviados pacotes utilizando um ou vários subcanais nos quais esta ligação se encontra dividida. Em cada subcanal o facto de um pacote ter que ser enviado para um utilizador é indicado por meio dos cabeçalhos já mencionados. Adicionalmente a ser possível utilizar um subcanal para transmitir um pacote diferente para um novo utilizador, as portadoras neste subcanal podem ser utilizadas

para acelerar a transmissão de informação de um pacote de que já foi enviado por outro subcanal (agregando as portadoras deste subcanal ao subcanal que enviou o pacote inicial acelerando deste modo a transmissão do pacote). Para indicar que um subcanal será utilizado como agregado para acelerar a transmissão, um pacote de informação é enviado pelo subcanal agregado com um cabeçalho direccionado para os utilizadores afectados.

Os utilizadores observam toda a ligação a jusante à procura de pacotes cujos cabeçalhos indicam que os pacotes são direccionados para eles. Estes cabeçalhos têm que ser correctamente descodificados ou interpretados para cada um dos utilizadores no sistema, sendo que por isso esta parte do pacote tem que ter necessidades S/N muito baixas para descodificação. Para isto, pode-se utilizar modulações seguras tais como BPSK ou QPSK, assim como códigos de detecção de erro/de correcção robustos, assim como diversidade no tempo e frequência.

Quando um utilizador descodifica um cabeçalho indicando que um pacote é direccionado pelo mesmo, irá saber se o subcanal ou subcanais correspondentes utilizados para enviar o pacote irá tomar os dados enviados por estes subcanais. Se o cabeçalho não for direccionado para ele, ele ignora simplesmente os dados associados ao cabeçalho. Se o cabeçalho indicar que um novo subcanal está a ser utilizado para acelerar o envio de um pacote, irá descodificar a informação que chega através das novas portadoras assim como pelas portadoras no subcanal original para obter informação no

canal. Por este meio é alcançada a atribuição dinâmica da largura de banda na ligação a jusante.

A utilização de cabeçalhos é de grande importância no sistema dado que permite que um pacote seja autónomo. O cabeçalho contém toda a informação necessária acerca de um pacote tal como destino, dimensão, tipo de pacote, como se tivesse diversidade na frequência ou tempo, como se fosse no modo multidifusão (este modo indica que será recebido por vários utilizadores), etc. No canal a jusante será necessário utilizar um mecanismo extra para saber quando será possível enviar os pacotes, quer dizer a distribuição de INTERVALOS pelo árbitro 5 e as mensagens de atribuição de INTERVALOS para comunicar a distribuição para os utilizadores.

A figura 5 mostra um exemplo em que quatro subcanais são utilizados 24 na ligação a jusante. Desta figura 5 pode ser verificado que o primeiro e segundo subcanais, a contar de cima, enviam pacotes que são precedidos por um cabeçalho 27. No quarto subcanal a transmissão de um pacote começa e, previamente, é utilizado o terceiro subcanal para acelerar a transmissão do mesmo pacote utilizando as novas portadoras para isto, tal como representado pela seta 28. Isto é indicado por meio do cabeçalho 27 do terceiro subcanal. A seta 23 representa a direcção de transmissão dos pacotes do kit da cabeça de rede 1 para os utilizadores A, B, C ou D. Os eixos 25 e 26 representam o tempo e frequência respectivamente.

Para transmissão na ligação a montante ou canal, o canal é logicamente dividido em intervalos de tempo e frequência

conhecidos como INTERVALOS (tal como mencionado previamente) para permitir que vários utilizadores transmitam simultaneamente através da rede eléctrica 2 na direcção da cabeça de rede 1. Devido a isto, a estrutura da largura de banda pode ser dinamicamente atribuída de modo a que mais ou menos INTERVALOS de tempo (símbolos) ou INTERVALOS de frequência (portadoras) possam ser garantidos, de modo que os utilizadores podem transmitir informação com diferentes exigências de qualidade (tanto a largura de banda como a latência) e otimizar a transmissão garantindo INTERVALOS aos utilizadores que observam o rácio de sinal/ruído suficiente no subcanal de modo a utilizar as modulações mais densas.

Quando um ou mais destes INTERVALOS são atribuídos a um *kit* de utilizador (A, B, ...X), o utilizador irá saber durante que momentos ou períodos e em que portadoras (e por isso em que frequência) pode enviar informação que deseja transmitir. O grupo de portadoras associadas a um INTERVALO é conhecido como um subcanal na ligação a montante. As frequências em cada subcanal são ajustadas à largura de banda coerente do canal de modo que cada utilizador observa uma resposta de frequência semelhante (proporcionada entre certos limites) em cada subcanal. Isto permite que a capacidade do canal a montante seja aumentada.

A figura 2 apresenta um exemplo da distribuição de INTERVALOS num momento determinado para uma implementação possível. Os eixos 11 e 12 representam frequência e tempo respectivamente, enquanto que os INTERVALOS 7, 8, 9, e 10 representam INTERVALOS associados a diferentes utilizadores

A, B, C e D respectivamente, enquanto que os INTERVALOS 6 representam INTERVALOS que se encontram livres.

Os INTERVALOS mencionado podem ser aplicados para várias utilizações pelos kits de utilizador (A, B, ...X) tal como:

- a transmissão de pedidos para mensagens de interrogação (*POLLING*);
- a transmissão de mensagens de pedidos de recursos (*MPR*),
- a transmissão de dados incluindo um ou todos dos seguintes:
 1. sequências de sincronização
 2. sequências de equalização,
 3. sequências para estimar o rácio de sinal/ruído e/ou
 4. dados de informação que o utilizador (A, B, ...X) deseja emitir para a cabeça de rede 1.

Por meio de mensagens *SAM* que atribuem INTERVALOS, a cabeça de rede 1 indica o objectivo de cada INTERVALO e que o utilizador ou utilizadores podem utilizar o mesmo. Neste contexto, o sistema de acesso múltiplo é um sistema central, em que os kits de utilizador (A, B, ...X) transmitem somente através da rede eléctrica 2 quando a cabeça de rede 1 decide previamente e comunica a decisão aos utilizadores implicados juntamente com a quantidade de informação que pode ser transmitida, o tipo de modulação, etc.

Os três controlos previamente mencionados foram desenvolvidos para otimizar a utilização do canal a montante no acesso à rede eléctrica 2 com *OFDMA/DTMA/CDMA*, devido aos

quais o rácio de sinal/ruído é maximizado para todos os utilizadores sem penalizar um em relação ao outro para a transmissão.

No que se refere ao controlo acerca da potência injectada, é utilizada uma máscara de controlo automático do ganho e/ou de potência de modo que os sinais dos kits de utilizador (A, B, ...X) chegam no kit da cabeça de rede 1 com aproximadamente a mesma potência, de modo que é possível trabalhar com conversores A/D de muito poucos bits sem perder o rácio de sinal/ruído na recepção.

O controlo da janela de tempo é utilizado para assegurar que os sinais dos vários kits de utilizador (A, B, ...X) cheguem ao kit da cabeça de rede 1 ao mesmo tempo, quer dizer o início de todos os símbolos *OFDM* enviados chegam na mesma janela de tempo à cabeça de rede 1, efectuando o controlo por:

- um ajuste no anel aberto que ocorre no canal a jusante, e que representa um ajuste por alto na janela do tempo e em que cada kit de utilizador pode ver os pacotes que chegam através do canal a jusante, e dos quais ainda as amostras que têm que ser atrasadas/avançadas na transmissão são aproximadamente deduzidas de modo que elas chegam na cabeça de rede 1 no momento óptimo;
- um ajuste no anel fechado que ocorre no canal a montante e a jusante por meio das mensagens *SAM* que representam um ajuste fino na janela do tempo e em que o kit da cabeça de rede 1 detecta e comunica o

número de amostras que têm que ser atrasadas/avançadas pelo kit do utilizador para alcançar o momento óptimo para a transmissão.

No que se refere ao controlo da frequência a seguir à sincronização, cada kit de utilizador (A, B, ...X) obtém a frequência da amostra utilizada pela cabeça de rede 1, que depois utiliza para corrigir a transmissão no canal a montante de modo que o erro da frequência na recepção na cabeça de rede 1 é igual a zero, sendo utilizados os seguintes processos para corrigir a frequência de transmissão nos kits de utilizador (A, B, ...X):

- correcção de erro residual nas portadoras por meio de um rotor, que compensa a rotação que cada portadora sofre (multiplicando cada portadora pelo exponencial complexo do ângulo desejado); e
- correcção da frequência da amostra por meio do elemento corrector da frequência (que pode consistir num reamostrador na parte do tratamento digital do sistema, e/ou no oscilador variável ou VCXO na parte analógica), sendo considerado que se os relógios correspondentes forem suficientemente precisos não é necessário utilizar o referido elemento corrector de frequência, sendo suficientemente simples de corrigir o erro residual nas portadoras com o rotor anteriormente mencionado.

Na ligação a montante e na multiplexagem CDMA é utilizado um processo de salto de frequência que se aplicado às portadoras em que os kits de utilizador (A, B, ...X) no

momento de transmissão somente utiliza algumas das portadoras de acordo com uma sequência que indica a cada momento que portadoras podem ser utilizadas para enviar informação, sendo esta sequência pré-definida e passível de ser gerada por uma sequência pseudo-aleatória cujo início é comunicado por meio de mensagens SAM, enquanto que se o referido processo é aplicado aos subcanais, a sequência é utilizada para indicar ao *kit* de utilizador (A, B, ...X) que subcanal tem que ser utilizado para transmitir a cada momento no tempo.

Uma das desvantagens do "salto da frequência" é que os subcanais ou portadoras são distribuídos para os utilizadores no tempo, quer dizer, o utilizador não utiliza um subcanal com um elevado rácio de sinal/ruído durante todo o tempo, mas em vez disso utiliza também (quando a sequência o indica) canais com um baixo rácio de sinal/ruído, de modo que na média todos os utilizadores vêem um canal médio maximizando deste modo a largura de banda de transmissão para a rede eléctrica.

A figura 6 representa um exemplo de salto da frequência para uma comunicação entre alguns *kits* de utilizador A, B, C e D na direcção da cabeça de rede 1, sendo que a seta 29 representa a direcção de transmissão dos dados, enquanto que a seta 30 representa a largura de banda de cada subcanal. Os eixos 31 e 32 representam a frequência e o tempo respectivamente. As referências 33, 34, 35 e 36 representam as expedições dos utilizadores A, B, C e D respectivamente, enquanto que a referência 37 representa uma colisão entre utilizadores.

As mensagens *SAM* de atribuição de INTERVALO são mensagens que são periodicamente transmitidas pelo canal a jusante e são decodificadas por todos os utilizadores. A sua periodicidade depende da dimensão dos INTERVALOS em que o canal a montante se encontra dividido. Assim que tiver sido seleccionada a dimensão e frequência dos intervalos de tempo (INTERVALOS), a periodicidade tem que ser constantemente mantida.

O propósito das mensagens *SAM* é o de:

- anunciar ou identificar o *kit* ou *kits* de utilizador (A, B, ...X) para os quais foi garantida a transmissão em cada um dos INTERVALOS de frequência e tempo em que o canal a montante se encontra dividido;
- indicar a utilização que tem que ser dada a este INTERVALO: transmissão, equalização, S/N, sincronização, dados, e interrogação (*POLLING*), pedidos de recursos (*MPR*), etc.
- enviar informação adicional para a recepção do pedido de recursos, limitar acesso a grupos de utilizadores, etc.

As mensagens *SAM* são essenciais para construir um sistema com atribuição dinâmica da largura de banda. Quando os utilizadores necessitam de transmitir informação, eles fazem um pedido à cabeça de rede 1 (utilizando os processos de pedido de recursos ou interrogação). A cabeça de rede 1 não garante uma largura de banda fixa ao utilizador, em vez disso faz uma distribuição dinâmica da largura de banda, oferecendo mais ou menos INTERVALOS aos utilizadores que

fazem o pedido de acordo com factores tais como a quantidade de informação a ser enviada, a qualidade do serviço pedido, o tipo de informação a ser enviado, o rácio de sinal/ruído observado pelos utilizadores nos INTERVALOS garantidos, etc.

A partilha por meio de *OFDMA* é executada de modo que a atribuição dinâmica da largura de banda seja o mais eficiente possível. Com este tipo de partilha, vários utilizadores podem transmitir informação utilizando diferentes portadoras dentro de um símbolo *OFDM*.

As mensagens de atribuição de INTERVALOS podem transportar informação a um ou mais INTERVALOS. Devido à importância destas mensagens *SAM*, elas também transportam de preferência, algum sistema para proteger contra erros tais como códigos com uma grande capacidade de corrigir/detectar erros, diversidade na frequência e/ou tempo, etc. Obviamente, as mensagens para atribuir INTERVALOS precedem sempre temporariamente aos INTERVALOS no canal a montante aos quais se referem.

Além disso, as mensagens *SAM* podem indicar se o INTERVALO atribuído a um utilizador é o primeiro, o último ou um dos intermédios. Se o INTERVALO for o primeiro daqueles garantidos a um utilizador para enviar informação, os dados não serão enviados em todos os símbolos do INTERVALO mas em vez disso têm que ser utilizados vários símbolos do INTERVALO para enviar informação suplementar, tal como sincronização ou equalização. Se o INTERVALO for um intermediário, pode ser utilizado no seu todo para enviar dados. Se for o último INTERVALO atribuído a um kit de utilizador (A, B, ...X) envia

informação e uma mensagem de pedidos de recursos (*MPR*) de modo que o *kit* de cabeça de rede 1 sabe se deseja enviar mais informação ou não. Isto não é o único momento em que um *kit* pode enviar mensagens de pedidos de recursos, elas também podem ser enviadas quando o utilizador possui informação para enviar e do *kit* de cabeça de rede 1 o objectivo do próximo INTERVALO encontra-se indicado como sendo o pedido de recursos.

No exemplo actual as mensagens *SAM* que são enviadas pelo canal a jusante na direcção de cada utilizador (*A, B, ...X*) incluem, pelo menos, a seguinte informação:

- indicar o *kit* ou *kits* de utilizador (*A, B, ...X*) para os quais cada INTERVALO foi garantido;
- indicar a utilização a que este INTERVALO se destina;
- o número de símbolos que cada *kit* pode utilizar no INTERVALO,
- o número do símbolo a partir do qual um certo utilizador pode transmitir no INTERVALO,
- informação sobre a modulação que tem que ser utilizada para transmitir dados.

Além disso, as referidas mensagens *SAM* podem incluir:

- a confirmação da recepção de mensagens *MPR*,
- restrição de acesso a certos *kits* de utilizador (*A, B, ...X*),
- a correcção de desvios na janela do tempo de transmissão dos *kits* de utilizador (*A, B, ...X*),
- informação sobre o controlo de potência,

- o tipo e número de dados a serem enviados pelo utilizador, quer dizer o que deverá ser enviado é 0 ou mais símbolos de equalização, sincronização, estimativa de rácio de som/ruído e/ou dados de informação.

Por outro lado, as mensagens *MPR* mencionadas previamente em várias ocasiões são mensagens de controlo relativamente curtas que proporcionam informação se um *kit* de utilizador (A, B, ...X) deseja transmitir dados e opcionalmente, sobre a dimensão do bloco de informação a ser enviado e a qualidade do serviço desejada pelo *kit* de utilizador (A, B, ...X), sendo eles enviados em diferentes momentos. Os referidos momentos são:

- quando uma mensagem *SAM* recebida por um *kit* de utilizador (A, B, ...X) indica que um *INTERVALO* seguinte atribuído ao referido *kit* é o último numa série de *INTERVALOS* para a transmissão de dados, de modo que o *kit* de utilizador (A, B, ...X) pode utilizar parte do *INTERVALO* para enviar uma mensagem *MPR* caso tenha mais dados para transmitir;
- quando um *kit* de utilizador (A, B, ...X) tiver sido atribuído por meio de um *SAM* um *INTERVALO* dedicado à petição de recursos de modo que o *kit* ou *kits* de utilizador (A, B, ...X) que deseja transmitir envia o seu *MPR* para dentro deste *INTERVALO*;

Quando um *kit* de utilizador (A, B, ...X) tem dados para transmitir ele espera até que uma mensagem *SAM* anuncia que alguns dos *INTERVALOS* seguintes são destinados para *POLLING*

ou *MPR*, de modo que se receber um *SAM POLLING*, executa os seguintes passos:

- o *kit* de utilizador (A, B, ...X) verifica certos bits *SAM* que indica se pertence ao não ao grupo de utilizadores que podem utilizar o seguinte INTERVALO de *POLLING*;
- a mensagem *SAM* indica a posição em que o *kit* de utilizador (A, B, ...X) tem que responder ao pedido de recurso, sendo estas posições determinadas pelo *kit* de cabeça de rede 1 que monitoriza constantemente o rácio de sinal/ruído que o *kit* de utilizador (A, B, ...X) pode ver nas várias portadoras disponíveis na ligação a montante;
- o INTERVALO de *POLLING* é dividido em várias zonas válidas que são troços pequenos do tempo/frequência, seleccionando os *kits* de utilizador (A, B, ...X) a zona indicada pelo *SAM* para evitar uma colisão de petições;
- o *kit* de utilizador (A, B, ...X) envia uma mensagem *POLLING* na zona seleccionada e
- se o referido *POLLING* tiver sido recebido pela cabeça de rede 1, o *kit* de utilizador (A, B, ...X) irá posteriormente receber mensagens *SAM* atribuindo INTERVALOS; enquanto que se não tiver sido recebido, o *kit* de utilizador (A, B, ...X) irá ter que esperar para um novo *SAM POLLING*.

Por outro lado, quando recebe um *MPR SAM*, o *kit* de utilizador (A, B, ...X) envia uma mensagem *MPR* no INTERVALO

correspondente, em que à parte da necessidade de transmitir encontra-se indicado, de preferência, a quantidade de informação a ser enviada, a prioridade, a QoS necessário, a forma em que esta informação pode ser descodificada pela cabeça de rede e se pode ser utilizada para otimizar o algoritmo para atribuição de INTERVALO do árbitro 5; se tiver sido previamente previsto que a cabeça de rede 1 detecta uma colisão, é executado um algoritmo de resolução de colisão e os kits de utilizador (A, B, ...X) transmitem as suas petições no próximo INTERVALO MPR ou POLLING, porque o árbitro 5 não irá garantir aos mesmos qualquer INTERVALO de transmissão nos SAM's seguintes.

No presente exemplo, quando um kit de utilizador (A, B, ...X) deseja transmitir, segue as decisões tomadas pelo kit de cabeça de rede 1 no que se refere ao momento de transmissão, às portadoras a utilizar, ao tipo de modulação e outros parâmetros por meio do seguinte processo:

- a seguir à recepção correcta de um pedido de transmissão de um kit de utilizador (A, B, ...X), o kit de cabeça de rede 1 atribui INTERVALOS de tempo/frequência suficientes que começam de uma estimativa realizada dependendo da actividade, capacidade de transmissão, qualidade de serviços e outros parâmetros do utilizador (A, B, ...X), que fazem a petição de acordo com a monitorização do rácio de sinal/ruído tal como observado em cada subcanal, sendo o árbitro 5 responsável pela distribuição de INTERVALOS entre os utilizadores que

fizeram a petição para enviar dados por meio de um algoritmo.

- quando um utilizador (A, B, ...X) detecta, por meio de desmodulação e descodificação uma mensagem SAM que um ou mais INTERVALOS são destinados para o mesmo, executa as seguintes operações:

1. Verifica o tipo de cada um dos INTERVALOS que foi atribuído e a modulação que tem que ser empregue em cada portadora em cada INTERVALO, em que a mensagem SAM é responsável pela comunicação desta informação de acordo com aquilo atribuído pelo árbitro 5.
2. Calcula quantos bits será passível de transmitir no total (e extrai os dados da sua memória) que poderão ser dados sobre informação, e equalização, sincronização, estimativa do rácio de sinal/ruído ou qualquer outra combinação destes, tal como indicado na mensagem SAM de atribuição deste INTERVALO.
3. Espera até que comece o tempo de arranque do INTERVALO e transmite os dados nas portadoras do INTERVALO com a modulação necessária.
4. Se alguns dos INTERVALOS atribuídos forem do tipo diversidade no tempo ou na frequência, o kit de utilizador (A, B, ...X) tem que transmitir a informação modulada de forma segura, de preferência QPSK, e repetir a transmissão várias vezes na frequência, quer

dizer, transmitir a mesma informação da portadora k nas portadoras $k+N$, $k+2*N$, etc., dependendo da diversidade empregue e das portadoras atribuídas ou repetida várias vezes em vários momentos (diversidade no tempo).

5. Se o INTERVALO for do tipo *POLLING* ou *MPR* é executado o processo anteriormente mencionado.

Lisboa, 20 de Maio de 2008

Reivindicações

1. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, compreendendo vários kits de utilizador (A, B, ...X) e um kit de cabeça de rede (1) na comunicação bidireccional através da rede eléctrica (2), em que o canal a montante é aquele que corre dos kits de utilizador (A, B, ...X) para a cabeça de rede (1) e o canal a jusante corre da cabeça de rede (1) para os kits de utilizador (A, B, ...X), contendo cada um dos kits um controlador de acesso ao meio MAC (3, 4) para maximizar a quantidade de informação que os kits de utilizador (A, B, ...X) podem transmitir e para minimizar a latência do tempo nestes kits (A, B, ...X), sendo que a rede eléctrica é dividida para os canais a montante e jusante por duplexagem por divisão na frequência *FDD* e/ou duplexagem por divisão no tempo *TDD*, caracterizado por suportar:

- acesso a vários kits de utilizador (A, B, ...X) no canal a montante e o envio simultâneo de várias ligações de informação pela cabeça de rede (1) no canal a jusante por meio de multiplexagem *OFDMA/TDMA/CDMA*, multiplexagem por divisão ortogonal de frequência, multiplexagem por divisão do tempo e/ou multiplexagem por divisão do código;
- critérios para atribuir dinamicamente cada portadora no sistema *OFDM*, multiplexagem por divisão ortogonal de frequência ao utilizador e entre os utilizadores

com informação para enviar nesse momento com capacidade de transmissão maior nesta portadora, mais bits por portadora, ou melhor rácio de sinal/ruído, de modo a maximizar a capacidade de transmissão em ambos os canais a montante e jusante, quer dizer, para equalizar ou nivelar a resposta na frequência observada pela cabeça de rede tanto na emissão como na recepção;

- ajustar a qualidade do serviço *QoS* dependendo do tipo de informação e dos utilizadores que solicitam a transmissão, em que esta qualidade de serviços é adaptável de acordo com a resposta de frequência em diferentes momentos e a distâncias diferentes entre os kits de utilizador (A, B, ...X) e kit de cabeça de rede (1);
- atribuir dinamicamente largura de banda disponível entre os vários pedidos de comunicação calculando constantemente e monitorizando o rácio do sinal/ruído observado pelos kits de utilizador (A, B, ...X) e pelo kit da cabeça de rede (1) em toda a largura de banda do sistema, de modo que os recursos de transmissão, quer dizer o número combinado de portadoras no sistema *OFDM*, são distribuídos de acordo com as necessidades de transmissão a cada momento no tempo para cada utilizador, os parâmetros da qualidade de serviço *QoS* estabelecidos por este utilizador, os critérios para maximizar a capacidade total do sistema e os critérios para minimizar a latência na

transmissão, utilizando para isto a redistribuição das portadoras de um símbolo entre os utilizadores OFDMA, no tempo TDMA, quer dizer símbolo a símbolo, e por código CDMA, otimizando a referida redistribuição monitorizando constantemente os parâmetros de qualidade para a linha eléctrica.

2. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender os meios para maximizar, quer dizer meios para equalizar ou nivelar, a resposta de frequência vista pelo kit da cabeça de rede (1) tanto na emissão como na recepção, em que a referida maximização, tal como mencionado, consiste em:

- especificação de um espaço vectorial de dimensão igual para o número de portadoras no canal OFDM, onde os elementos que formam o espaço são o número de bits por portadora que cada utilizador pode ver em cada uma das portadoras ou a dimensão da constelação utilizada em cada portadora; $V_i = [V_{i1}, V_{i2} \dots V_{in}]$, em que N é o número total de portadoras utilizadas na ligação de comunicação que se refere ao vector e V_{ix} representa o número de bits utilizáveis por portadora nas comunicações do ou para o utilizador e (dependendo a que link se refere) na portadora x do ponto de vista da cabeça de rede.

- distribuição das portadoras entre os utilizadores com informação para enviar de modo a maximizar a norma um para este vector: $2v^2$, em que v é o vector de bits por portadora (ou dimensão da constelação ou cada portadora) que cada *kit* de cabeça de rede utiliza no símbolo actual, tanto a montante como a jusante;
- agrupar o nome total de portadoras N , a montante e jusante em subcanais de portadoras M para simplificar o cálculo do algoritmo e a implementação, de modo a reduzir as dimensões do espaço vectorial, gerando um espaço vectorial com as dimensões N/M , em que os valores das coordenadas é a soma de todas as portadoras no subcanal, e dando como resultado a capacidade de transmissão por símbolo *OFDM* que cada utilizador vê em cada subcanal;
- ajustar a largura dos subcanais para a largura de banda coerente, definida como a diferença das frequências entre a posição da frequência da primeira e última portadora em que a variação na resposta de frequência nestas portadoras é menor do que um certo limite.

3. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado por o *MAC* (4) da cabeça de rede (1) compreender um bloco de arbitragem (5) ou árbitro responsável pela distribuição dinâmica da largura de banda nos canais a montante e

jusante para as várias comunicações dos kits de utilizador (A, B,...X) em que os critérios utilizados por este bloco de arbitragem para atribuir dinamicamente a largura de banda de transmissão são aqueles previamente descritos, e para os quais os seguintes meios são empregues:

- transmissão orientada para pacotes, precedida por um cabeçalho indicando para que utilizador a transmissão é direccionada e em que condições;
- os canais a montante e jusante são divididos em subcanais de modo que os utilizadores são multiplexados para maximizar a transmissão da largura de banda para ambos os canais a montante e jusante;
- atribuição dinâmica de portadoras para os vários utilizadores variando no tempo, de modo que:
 - na ligação a jusante os cabeçalhos de cada pacote enviado pelo subcanal indicam, entre outras coisas, o destino, a dimensão e a constelação utilizada, sendo que por isso os utilizadores têm que ser passíveis de detectar e compreender todos os cabeçalhos recebidos por qualquer subcanal, enquanto desmodulam somente informação do pacote direccionado para os mesmos quando sabem o vector de bits por portadora utilizado na modulação;
 - na ligação a montante, à parte da divisão nos subcanais ajustados à largura de banda coerente, a divisão no tempo ocorre de modo que é definido

um INTERVALO como número de símbolos no canal a jusante entre duas mensagens de atribuição desses INTERVALOS (*SAM*), e que constituem as unidades utilizadas pelo árbitro (5) para atribuir recursos aos utilizadores, em que esses recursos são periodicamente atribuídos enviando mensagens de atribuição conhecidas como *SAM* pela ligação a jusante em direcção a um *kit* de utilizador (A, B, ...X), que pode incluir um ou mais INTERVALOS e que são periodicamente enviados para um número determinado de amostras antes dos INTERVALOS aos quais se referem (quer dizer, eles precedem os mesmos temporariamente), de modo que o número de símbolos de um INTERVALO é menor do que o andar de latência que pode ser obtido mas a complexidade do sistema é maior tal como o custo da capacidade de transmissão no canal a montante em mensagens de atribuição de recursos (*SAM*);

- medição continua do rácio de sinal/ruído para cada utilizador em todos os canais tanto a montante como a jusante, para actualizar continuamente a capacidade de transmissão para todos os utilizadores em cada um dos subcanais;
- informação contínua referente a que utilizadores (A, B, ...X) desejam efectuar transmissão e em que quantidades por meio de interrogação, quer dizer, por *POLLING*, INTERVALOS e mensagens de petição de

recursos *MPR* respectivamente, em que as camadas superiores da cabeça de rede (1) a montante são aquelas que informam o árbitro (5) da quantidade de transmissão pendente de informação e de quais utilizadores; e,

- informação sobre a *QoS*, largura de banda e latência, definida para cada utilizador em função da capacidade do canal e número de utilizadores que dependem do *kit* da cabeça de rede (1), de modo que o número de INTERVALOS continuamente atribuídos a um único utilizador pode ser limitado nos casos em que vários utilizadores desejam transmitir num dado momento, mantendo deste modo a igualdade de acesso para utilizadores na ligação a montante.

4. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por, quando o *kit* de cabeça de rede pretende transmitir para um ou mais *kits* de utilizador (A, B, ...X) através do canal a jusante, o bloco do árbitro (5) distribui dinamicamente largura de banda, utilizando um ou mais dos subcanais mencionados, e aconselha sobre o destino de utilização deste ou destes subcanais por meio dos cabeçalhos nos pacotes de informação enviados pelos subcanais, de modo que cada *kit* de utilizador descodifica os dados correspondentes quando detecta que um dos referidos cabeçalhos se refere a um pacote direccionado para o mesmo, de modo que um *kit* de

utilizador (A, B, ...X) pode receber mais do que um pacote de vários subcanais distintos, sendo passível de indicar a este cabeçalho a transmissão de um novo pacote para o utilizador ou que o subcanal para onde o cabeçalho é enviado será utilizado para acelerar a transmissão de um pacote enviado previamente por outro subcanal, ou subcanais, para o mesmo utilizador, por meio de agregação das portadoras deste novo subcanal e aqueles já utilizados para a transmissão do pacote anterior.

5. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por os cabeçalhos enviados pelos subcanais na ligação a jusante são modulados de preferência com modulações que apresentam exigências limitadas de rácio de sinal/ruído para a sua descodificação, de preferência *DPSK* modulação de fase diferencial e/ou *QPSK* modulação por deslocamento de fase quaternária, assim como códigos de correcção/detecção de erro e diversidade de frequência enviar a mesma informação em diferentes portadoras, e/ou diversidade no tempo, enviar a mesma informação em diferentes momentos, para aumentar a probabilidade de descodificar correctamente o referido cabeçalho.
6. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por os

cabeçalhos já mencionados incluïrem todas as informações necessárias para o pacote de informação apropriado, de modo que o destino, tipos de pacote, utilização de diversificação na frequência e/ou no tempo, se o pacote for destinado a um utilizador ou vários utilizadores, modo MULTIDIFUSÃO, e/ou todos os utilizadores, modo DIFUSÃO, a modulação utilizada para cada portadora, se tiver sido empregue a redundância *FEC* correcção de erro/código de detecção para proteger o pacote de informação, e/ou se o subcanal para o qual o cabeçalho é enviado será utilizado para acelerar a transmissão de informação de um pacote enviado previamente por outro subcanal, ou outra informação.

7. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por, os INTERVALOS nos quais a ligação a montante se encontra dividida, poderem ser utilizados pelos *kits* de utilizador para:

- a transmissão de pedidos para mensagens de interrogação *POLLING*;
- a transmissão de mensagens de pedido de recursos *MPR*,
- a transmissão de dados incluindo um ou todos dos seguintes:
 - sequências de sincronização
 - sequências de equalização

- sequências para determinar o rácio do sinal/ruído e/ou
- dados com a informação que o utilizador (A, B, ...X) deseja enviar para a cabeça de rede (1).

8. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por, na ligação a montante o árbitro (5) da cabeça de rede (1) compreender os meios para munir cada *kit* de utilizador (A, B, ...X) com a largura de banda mais adequada de forma variável, oferecendo mais ou menos INTERVALOS de acordo com parâmetros tais como a quantidade de informação a ser enviada, a qualidade do serviço solicitado, o tipo de informação a ser enviado, o rácio de sinal/ruído observado pelos utilizadores nos INTERVALOS concebidos, e outros, por meios de um algoritmo de atribuição óptima de INTERVALOS e comunicando as decisões tomadas pelo referido árbitro (5) para os *kits* de utilizador (A, B, ...X) utilizando mensagens SAM.
9. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com as reivindicações 3 e 7, caracterizado por o processo utilizado para comunicar decisões sobre a distribuição de INTERVALOS na ligação a montante tal como retirado pelo árbitro (5) da cabeça de rede (1) é o envio de mensagens de atribuição SAM pela ligação a jusante a

cada *kit* de utilizador (A, B, ...X), podendo incluir informação sobre um ou vários INTERVALOS, enviado periodicamente e sempre com um número determinado de amostras antes dos INTERVALOS aos quais se referem (quer dizer, eles precedem temporariamente os mesmos) incluindo pelo menos:

- a indicação do utilizador ou utilizadores (A, B, ...X) aos quais é dado cada INTERVALO,
- a utilização que deverá ser atribuída a cada INTERVALO,
- o número de símbolos no interior do INTERVALO que serão dados a cada utilizador,
- o número do símbolo a partir do qual cada utilizador pode utilizar o INTERVALO,
- informação sobre a modulação que tem de ser utilizada para a transmissão de dados, de preferência QPSK ou uma constelação negociada com o *kit* de cabeça de rede (1) para a velocidade de erro determinada em função do rácio sinal/ruído do canal;

pode também incluir:

- confirmação da recepção das mensagens de petição de recursos (MPR),
- restrição de acesso a determinados *kits* de utilizador (A, B, ...X),
- a correcção de desvio na janela de transmissão temporal dos *kits* de utilizador (A, B, ...X),
- informação sobre o controlo de potência,

- tipo e número de dados a serem enviados pelo utilizador, quer dizer se 0 ou mais símbolos de equalização ou sincronização deverão ser enviados e uma estimativa dos dados do som/ruído e/ou os dados na informação em que estas mensagens SAM são de preferência codificadas com alguma protecção extra contra erros, tais como códigos com uma maior capacidade para correcção/deteção de erros, diversidade na frequência ou tempo, e outros sistemas.

10. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por no canal a jusante, o árbitro (5) executa a função de distribuição tendo em conta parâmetros tais como os rácios sinal/ruído, ou a resposta de frequência, que os kits de utilizador (A, B, ...X) observam nos subcanais, a prioridade da mensagem, a quantidade de informação, entre outros, descodificando os utilizadores os cabeçalhos enviados através da ligação a jusante e decidem se eles têm de tirar os dados enviados pelo mesmo subcanal como cabeçalho, a começar com a informação sobre o destino, incluindo o referido cabeçalho.

11. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por o

árbitro (5) poder ordenar a utilização de um ou mais subcanais adicionais para o despacho correspondente, ou para aumentar a largura de banda de um utilizador, sendo o objectivo o de acelerar a transmissão do pacote correspondente, atribuindo mais do que um subcanal para transmitir mais do que um pacote de informação num período, indicando qualquer uma destas decisões por meio do cabeçalho nas mensagens despachadas.

12. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com as reivindicações 10 e 11, caracterizado por o árbitro (5) poder distribuir os utilizadores (A, B, ...X) nos vários subcanais, tanto a montante como a jusante, de modo que a largura de banda utilizada é maximizada a cada momento, com base na resposta de frequência que cada utilizador (A, B, ...X) pode observar nos vários subcanais.
13. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com as reivindicações 9 e 12, caracterizado por, para os canais a montante e jusante, no momento de atribuir recursos o árbitro (5) utiliza QoS como um dos critérios para minimizar a latência, quer dizer, cada kit de utilizador (A, B, ...X) transmite o mais rápido possível após colocar um pedido de acesso na ligação a montante, ou que um pacote seja transmitido do *kit* da cabeça de

rede (1) para um utilizador (A, B, ...X) o mais rápido possível.

14. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por a mensagem *MPR*, ser de preferência uma mensagem de controlo relativamente curta que informa quando um *kit* de utilizador (A, B, ...X) deseja transmitir dados e como uma opção, sobre a dimensão do bloco de informação a ser enviado e a qualidade do serviço solicitado pelo *kit* de utilizador (A, B, ...X) durante os seguintes momentos:

- quando uma mensagem *SAM* recebida pelo *kit* de utilizador (A, B, ...X) indica que o próximo INTERVALO atribuído ao referido *kit* é o último numa série de INTERVALOS de transmissão de dados, o *kit* de utilizador (A, B, ...X) irá utilizar parte do INTERVALO para enviar uma mensagem *MPR* caso existam mais dados para transmitir,
- quando o *kit* do utilizador (A, B, ...X) não tiver mais dados para enviar e ainda tiver INTERVALOS atribuídos, neste caso a mensagem *MPR* correspondente irá indicar à cabeça de rede (1) para não atribuir mais INTERVALOS e para reatribuir os INTERVALOS restantes a outros *kits* de utilizador (A, B, ...X),
- quando um *kit* de utilizador (A, B, ...X) tem atribuído um INTERVALO (por meio de um *SAM*) dedicado à petição de recursos (*MPR*), de modo que o(s) *kit*(s) de

utilizador (A, B, ...X) que deseja(m) transmitir, irá(irão) enviar o seu MPR neste INTERVALO (utilizando uma parte pequena deste aleatoriamente ou por meio de um algoritmo determinado que tem em conta o tipo de utilizador, o tipo de informação e outros parâmetros); de modo que o kit de cabeça de rede (1) detecta possíveis correcções quando vários kits de utilizador coincidem na petição de recursos na mesma zona do INTERVALO, de modo que as colisões são resolvidas por meio de algoritmos conhecidos na técnica anterior ou deixando os kits de utilizador (A, B, ...X) retransmitir as suas posições em intervenções posteriores até que a competição entre utilizadores (A, B, ...X) esteja resolvida.

15. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por, o *POLLING* de INTERVALOS permitir que um número máximo de utilizadores (A, B, ...X) seja questionado no que se refere se eles têm ou não informação para transmitir por meio de um algoritmo de interrogação, sendo o objectivo que não seja que nem sempre os mesmos kits de utilizador (A, B, ...X) sejam questionados quando o referido número máximo é excedido, incluindo na própria cabeça de rede (1) meios para classificar os kits de utilizador em várias categorias dependendo da actividade que os utilizadores demonstram, sendo que para obter esta informação a cabeça

de rede (1) atribui INTERVALOS, POLLING àqueles utilizadores cuja actividade exige informação, respondendo estes na parte do INTERVALO atribuído aos mesmos quando têm informação para enviar.

16. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com as reivindicações 7 e 9, caracterizado por, quando um *kit* de utilizador (A, B, ...X) tem dados para enviar, espera até que uma mensagem SAM anuncie que um dos seguintes INTERVALOS é destinado para POLLING ou MPR, de modo que se recebe um POLLING SAM são executados os seguintes passos:

- os *kits* de utilizador (A, B, ...X) verificam certos bits no SAM que indicam se pertence ou não ao grupo de utilizadores que podem utilizar o próximo INTERVALO de POLLING,
- a mensagem SAM indica as posições em que o *kit* de utilizador (A, B, ...X) tem que responder ao pedido de recursos, sendo essas posições determinadas pelo *kit* da cabeça de rede (1) que monitoriza constantemente o rácio de sinal/ruído e que pode ser visto pelo *kit* de utilizador (1) nas várias portadoras, frequências disponíveis para a comunicação a montante;
- o INTERVALO de POLLING é dividido em várias zonas válidas que são troços pequenos de tempo/frequência, seleccionando os *kits* de utilizador (A, B, ...X) a zona

indicada pelo SAM de modo a evitar uma colisão de petições;

- o kit de utilizador (A, B, ...X) envia uma mensagem *POLLING* na zona seleccionada; e
- se o referido *POLLING* tiver sido recebido no kit da cabeça de rede (1), o kit do utilizador (A, B, ...X) irá posteriormente receber mensagens SAM atribuindo INTERVALOS enquanto que se não os tiver recebido, o kit de utilizador (A, B, ...X) terá que esperar até que haja um novo SAM *POLLING* contudo, se tiver recebido um anúncio de um SLOT MPR num SAM, o kit do utilizador (A, B, ...X) irá enviar a mensagem MPR no referido INTERVALO em que à parte da necessidade de transmitir, indica, de preferência, a dimensão da informação que deseja enviar, a prioridade, a QoS recebido, a forma em que a referida informação pode ser descodificada pelo cabeçalho e pode ser utilizada para otimizar o algoritmo para atribuição de INTERVALOS de arbitragem (5) tendo previsto isto que se a cabeça de rede (1) detectar colisão, irá iniciar um algoritmo para resolver esta colisão ou esperar que os kits de utilizador (A, B, ...X) transmitam a sua petição noutro INTERVALO MPR ou *POLLING*, dado que o árbitro (5) não garante qualquer INTERVALO de transmissão de dados no SAM seguinte.

17. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de

acordo com as reivindicações 2, 10 e 16, caracterizado por na transmissão os kits de utilizador (A, B, ...X) seguirem as decisões tomadas pela cabeça de rede (1) no que se refere ao momento de transmitir, as portadoras a serem utilizadas, o tipo de modulação e outros parâmetros, de acordo com o seguinte processo:

- tendo correctamente recebido os pedidos de transmissão de um kit de utilizador (A, B, ...X), a cabeça de rede (1) atribui INTERVALOS de tempo/frequência suficientes a partir de uma estimativa feita de acordo com a actividade, capacidade de transmissão, qualidade do serviço e outros parâmetros do kit de utilizador (A, B, ...X) que faz o pedido e de acordo com o rácio sinal/ruído monitorizado no subcanal, sendo o árbitro (5) responsável pela distribuição de INTERVALOS entre os utilizadores que fazem o pedido para enviar dados com o algoritmo anteriormente mencionado;
- quando um kit de utilizador (A, B, ...X) detecta, por meio de desmodulação e descodificação da mensagem SAM que um ou mais INTERVALOS se encontram destinados para o mesmo, executa as seguintes operações:
 - verifica o tipo de cada um dos INTERVALOS atribuídos e a modulação que tem que ser utilizada em cada portadora de cada INTERVALO, sendo a mensagem SAM responsável para a comunicação desta informação de acordo com aquilo atribuído pelo árbitro (5);

- calcula quantos bits serão passíveis de transmitir no total, e extrai os dados da sua memória, sendo esta informação sobre os dados, equalização, sincronização estimativa do som/ruído ou qualquer outra combinação destes, tal como se encontra indicado na mensagem a ser atribuída a este INTERVALO;
- espera até que o símbolo iniciar comece na parte do INTERVALO que tem de transmitir, e executa a transmissão de dados utilizando a modulação seleccionada;
- se qualquer dos INTERVALOS atribuídos for do tipo de diversidade no tempo ou frequência, o kit de utilizador (A, B, ...X) tem de transmitir a informação modulada de forma segura, de preferência QPSK, repetida várias vezes na frequência, quer dizer, transmitir a mesma informação da portadora k nas portadoras $k+N$, $k+2*N$, etc., dependendo da diversidade utilizada e portadoras atribuídas, ou repetir várias vezes em vários momentos (diversidade no tempo);
- se o INTERVALO for um *POLLING* ou *MPR* o processo anteriormente mencionado é utilizado.

18. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a multiplexagem CDMA, já mencionada, compreender um

processo de salto de frequência que é aplicado às portadoras pois os kits de utilizador (A, B, ...X) utilizam somente algumas das portadoras no momento de transmissão, de acordo com uma sequência que indica a cada momento os quais as portadoras podem ser utilizadas para enviar informação, sendo esta sequência pré-definida e passível de ser gerada por uma sequência pseudo-aleatória cujo início é comunicado por meio de mensagens SAM, enquanto que se o referido processo é aplicado aos subcanais, a sequência é utilizada para indicar ao kit de utilizador (A, B, ...X) que subcanal tem que ser utilizado para transmitir a cada momento no tempo.

19. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por os cabeçalhos do pacote de informação enviados pelos INTERVALOS na ligação a montante serem modulados, de preferência com modulações que para descodificação apresentam baixas exigências de rácio de sinal/ruído, tal como DPSK (modulação de fase diferencial) e/ou QPSK, modulação de fase em quadratura, juntamente com códigos de correcção/deteção de erro e diversidade de frequência, enviando a mesma informação através de portadoras distintas, e/ou tempo, enviando a mesma informação em diferentes momentos, para aumentar a probabilidade da descodificação correcta.

20. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com as reivindicações 3 e 19, caracterizado por os cabeçalhos, mencionados anteriormente, incluírem toda a informação necessárias sobre o pacote de informação correspondente, tal como informação sobre o tipo de pacote, utilização da frequência e/ou diversidade no tempo, a modulação utilizada para modular a informação no pacote, por exemplo todas as portadoras em QPSK ou todas as portadoras com a constelação fixada para uma tarefa de erro determinada em função do rácio de sinal/ruído no canal após cada utilizador ter negociado com a cabeça de rede, e a redundância FEC, redundância de correcção do código/detecção de erro, com a qual a informação no pacote é protegida, entre outros.

21. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por compreender uma série de controlos para maximizar o rácio de sinal/ruído para todos os utilizadores sem penalizar nenhum deles durante a transmissão permitindo deste modo o acesso múltiplo no mesmo símbolo OFDM e na ligação a montante e, a transmissão de vários pacotes de informação simultaneamente na ligação a jusante; sendo os referidos controlos:

- controlo da potência injectada para cada kit de utilizador (A, B, ...X);

- controlo da janela do tempo para cada *kit* de utilizador (a, B, ...X);
- controlo da frequência da amostra, que é a sincronização na frequência dos *kits* de utilizador (A, B, ...X).

22. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por ser utilizado o controlo automático do ganho e/ou máscara de potência nestes controlos na potência injectada pela qual os sinais dos *kits* dos utilizadores (A, B, ...X) chegam na cabeça de rede (1) com aproximadamente a mesma potência de modo que se pode trabalhar com conversores A/D, analógicos/digitais, com poucos bits sem perder o rácio de sinal/ruído na recepção.

23. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por, por outro lado, o controlo da janela, tal como mencionado, é utilizado para controlar os sinais dos vários utilizadores (A, B, ...X) que chegam na cabeça de rede (1) ao mesmo tempo, quer dizer, o início de todos os símbolos *OFDM* enviados chegam na mesma janela do tempo na cabeça de rede (1); este controlo é feito por meio de:

- um ajuste no anel aberto que ocorre no canal a jusante, e que representa um ajuste por alto na

janela do tempo e em que cada *kit* de utilizador (A, B, ...X) pode ver os pacotes que chegam através do canal a jusante, e dos quais as amostras que têm que ser atrasadas/avançadas na transmissão são aproximadamente induzidas de modo que chegam na cabeça de rede (1) no momento óptimo;

- um ajuste no anel fechado que ocorre no canal a montante e a jusante por meio das mensagens SAM que representam um ajuste fino na janela do tempo e em que o *kit* da cabeça de rede (1) detecta e comunica o número de amostras que têm que ser atrasadas/avançadas pelo *kit* de utilizador (A, B, ...X) para alcançar o momento óptimo para transmissão.

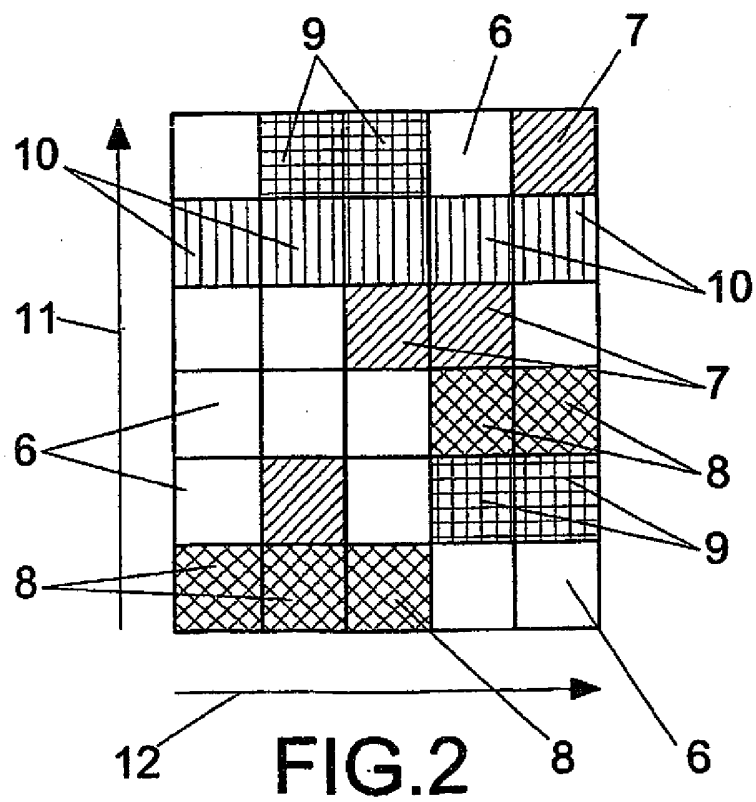
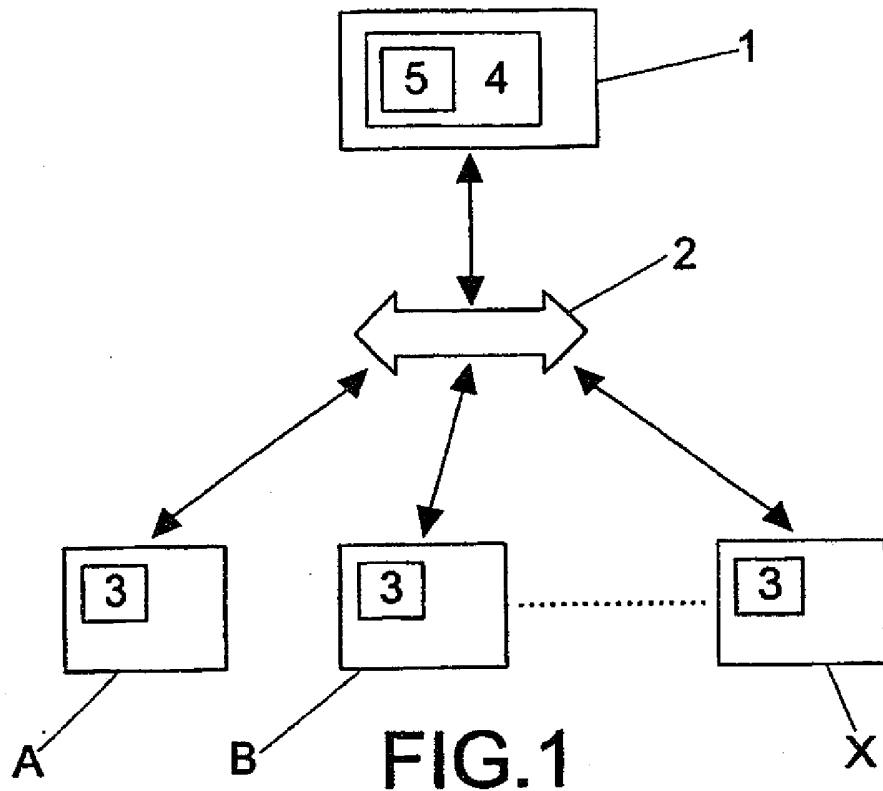
24. Processo para acesso múltiplo e transmissão múltipla de dados ponto-a-multiponto através da rede eléctrica, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por Finalmente, no controlo de frequência mencionado anteriormente, a seguir à sincronização, cada *kit* de utilizador (A, B, ...X) conhece a frequência da amostra utilizada pela cabeça de rede (1), a qual depois utiliza para corrigir a transmissão no canal a montante de modo que não existem erros na frequência de recepção; são utilizados os seguintes processos para corrigir a frequência de transmissão nos *kits* de utilizador (A, B, ...X):

- correcção de erro residual nas portadoras por meio de um rotor, que compensa a rotação que cada portadora

sofre, multiplicando cada portadora pelo exponencial complexo no ângulo desejado; e

- correcção da frequência da amostra por meio do elemento corrector da frequência, que pode consistir num reamostrar na parte do tratamento digital do sistema, e/ou no oscilador variável ou VCXO na parte analógica, sendo considerado que se os relógios correspondentes forem suficientemente precisos, não é necessário utilizar o referido elemento corrector de frequência, sendo suficiente simplesmente corrigir o erro residual nas portadoras com um rotor anteriormente referido.

Lisboa, 20 de Maio de 2008



13		A		C	
14		A	B	C	
15			B		D
16			B		

FIG.3

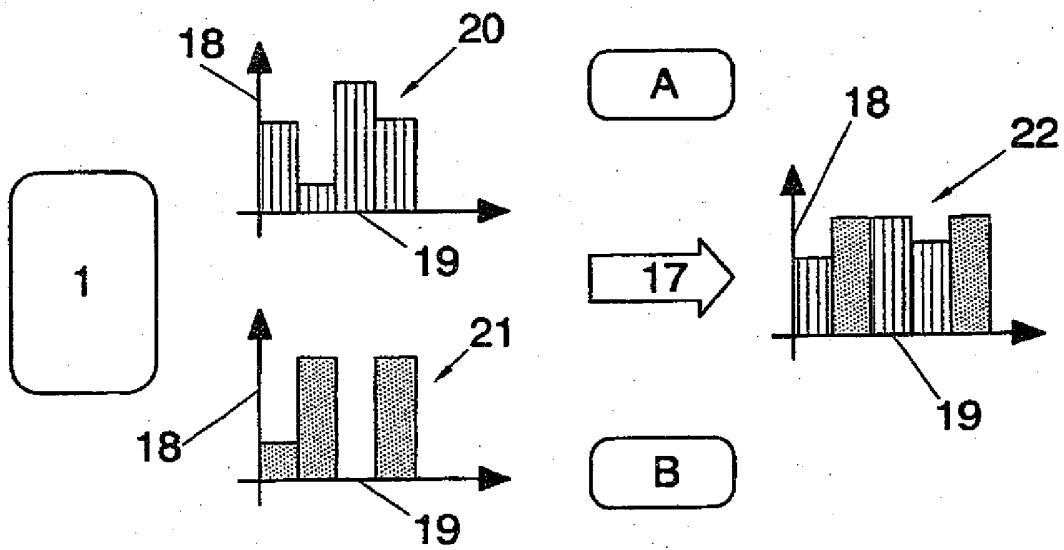


FIG.4

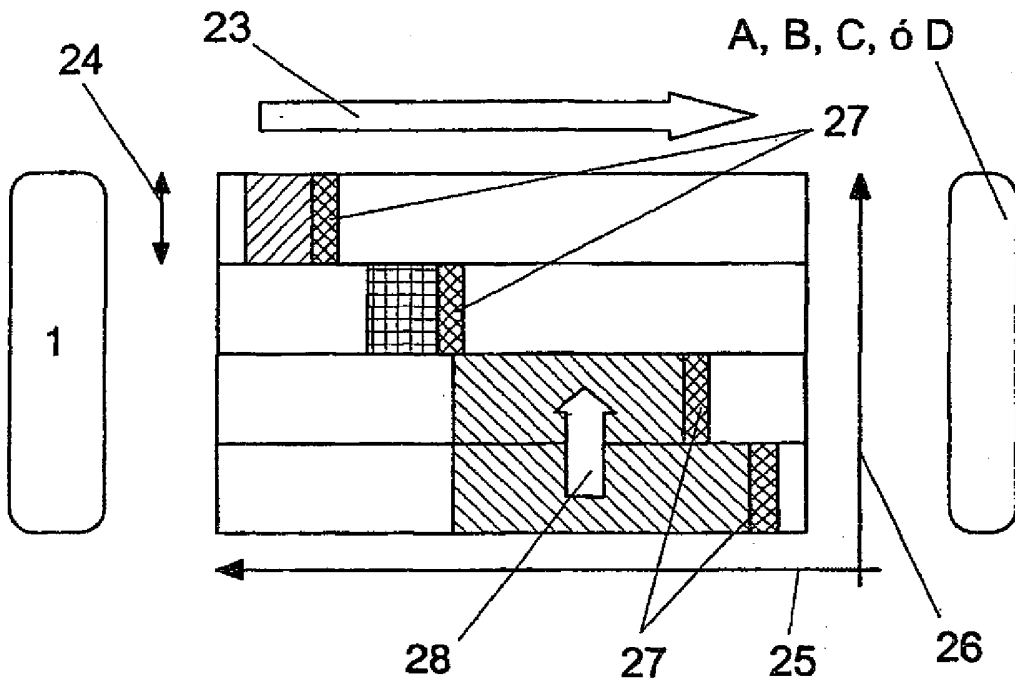


FIG. 5

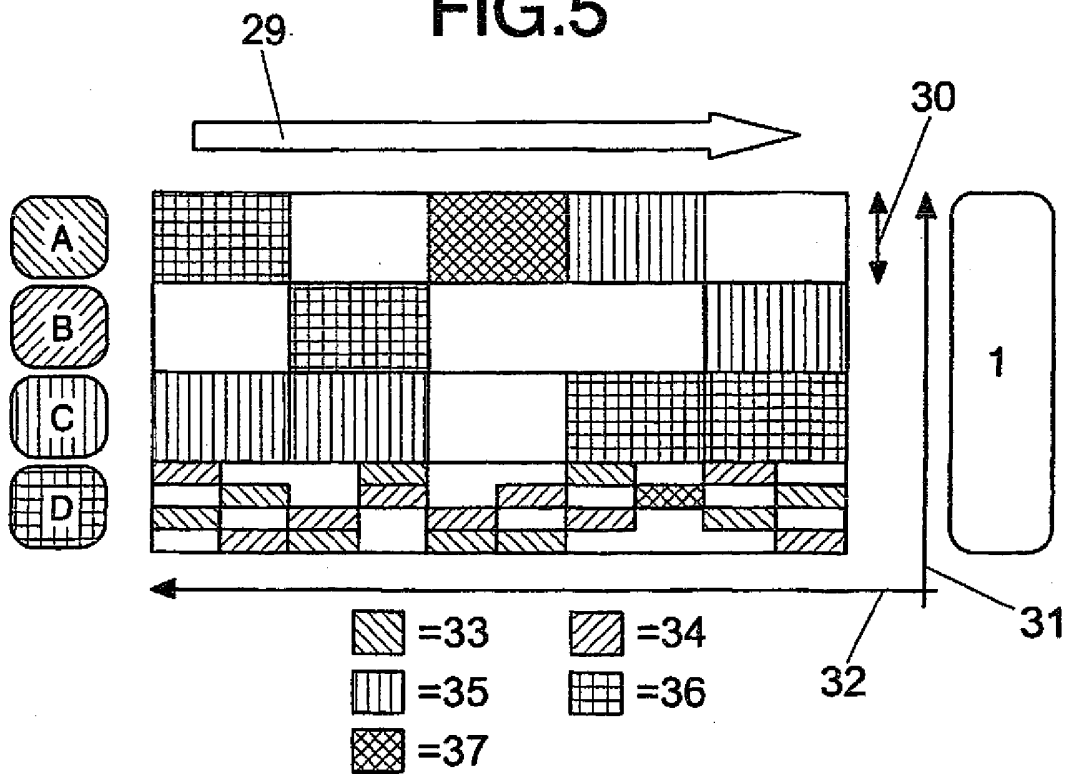


FIG. 6