



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0907904-1 B1



(22) Data do Depósito: 27/02/2009

(45) Data de Concessão: 15/09/2020

(54) Título: MÉTODOS E EQUIPAMENTO PARA SUPORTAR TRANSMISSÃO DE DADOS EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MULTIPORTADORA

(51) Int.Cl.: H04L 5/00; H04W 52/24; H04W 52/34; H04W 52/42.

(52) CPC: H04L 5/0046; H04L 5/006; H04L 5/0094; H04W 52/24; H04W 52/34; (...).

(30) Prioridade Unionista: 26/02/2009 US 12/393,529; 27/02/2008 US 61/031,941.

(73) Titular(es): QUALCOMM INCORPORATED.

(72) Inventor(es): DANLU-ZHANG; MEHMET YAVUZ; BIBHU P. MOHANTY; PAVAN KUMAR VITTHALADEVUNI.

(86) Pedido PCT: PCT US2009035587 de 27/02/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/108903 de 03/09/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 26/08/2010

(57) Resumo: MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA SUPORTA TRANSMISSÃO DE DADOS EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MULTI-PORTADORA Técnicas para suportar transmissão de dados em múltiplas portadoras em um sistema de comunicação sem fio são descritas. Um equipamento de usuário (UE) pode determinar potência de transmissão disponível para transmissão de dados em múltiplas portadoras. O UE pode distribuir a potência de transmissão disponível Lo para múltiplas portadoras (por exemplo, usando distribuição de potência uniforme, preenchimento, preenchimento de água, etc.) para obter potência de transmissão alocada para dados para cada portadora. O UE pode enviar pelo menos uma solicitação de recurso com informação indicativas da potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras para um Nó B. O UE pode receber pelo menos uma concessão de recurso com informações indicativas da potência de transmissão concedida para cada uma de pelo menos uma portadora, que pode ser todo ou um subconjunto de múltiplas portadoras. O UE pode enviar dados sobre pelo menos uma portadora e pode limitar a sua potência de transmissão para cada portadora para a potência de transmissão concedida para a portadora.

**"MÉTODOS E EQUIPAMENTO PARA SUPORTAR TRANSMISSÃO DE DADOS
EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MULTIPORTADORA"**

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente revelação refere-se de modo geral a comunicação e, mais especificamente a técnicas para suportar transmissão de dados em um sistema de comunicação de multiportadora.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA ANTERIOR

[0002] Sistemas de comunicação sem fio são amplamente utilizados para prover serviços de comunicação tais como voz, vídeo, dados por pacotes, troca de mensagens, broadcast, etc. Estes sistemas sem fio podem ser sistemas de múltiplos acesso capazes de suportar múltiplos usuários compartilhando os recursos de sistema disponíveis. Exemplos de tais sistemas de acesso múltiplo incluem sistemas de acesso múltiplo por divisão de código (CDMA), sistemas de acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA), sistemas de acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA), sistemas FDMA Ortogonais (OFDMA), sistemas FDMA de única portadora (SC-FDMA).

[0003] Um sistema de comunicação sem fio pode suportar a operação em múltiplas portadoras a fim de aumentar a capacidade do sistema. Cada portadora pode ter uma frequência central específica e uma largura de banda específica e pode ser usada para enviar dados de tráfego, informações de controle, piloto, etc. Diferentes portadoras podem observar diferentes condições de canal e podem ter capacidades de transmissão diferentes. É desejável suportar transmissão de dados sobre as múltiplas portadoras de tal forma que o bom desempenho pode ser alcançado.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0004] Técnicas para suportar transmissão de dados em múltiplas portadoras em um sistema de comunicação sem fio são descritas. Em um projeto, um equipamento de usuário (UE) pode determinar potência de transmissão disponível para transmissão de dados em múltiplas portadoras. O UE pode distribuir a potência de transmissão disponível para as múltiplas portadoras (por exemplo, usando distribuição de potência uniforme, *greedy filling*, *water filling*, etc.) para obter potência de transmissão alocada para dados para cada portadora. O UE pode enviar pelo menos uma solicitação de recursos compreendendo informações indicativas da potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras para um Nó B. O UE pode enviar uma solicitação de recurso para cada portadora ou pode enviar uma solicitação de recurso para mais de uma portadora. O UE pode receber pelo menos uma concessão de recurso que inclui informações indicativas de potência de transmissão concedida para cada uma de pelo menos uma portadora que pode ser todas ou um subconjunto de múltiplas portadoras. O UE pode enviar dados sobre pelo menos uma portadora e pode limitar a sua potência de transmissão em cada portadora à potência de transmissão cedida para aquela portadora.

[0005] Vários aspectos e características da revelação são descritos em detalhes mais adiante.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0006] A figura 1 mostra um sistema de comunicação sem fio.

[0007] As figuras 2A, 2B e 2C mostram distribuição de potência de transmissão com distribuição uniforme, *greedy filling* e *water filling*, respectivamente.

[0008] As figuras 3, 4 e 5 mostram um processo para a realização de *water filling*.

[0009] A figura 6 mostra um processo para o envio de solicitações de recursos para múltiplas portadoras.

[0010] A figura 7 mostra um processo para receber as solicitações de recurso para múltiplas portadoras.

[0011] A figura 8 mostra um diagrama de blocos de um UE e um Nó B.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0012] As técnicas descritas aqui podem ser usadas para vários sistemas de comunicação sem fio tais como CDMA, TDMA, FDMA, OFDMA, SC-FDMA e outros sistemas. Os termos "sistema" e "rede" são frequentemente usados alternadamente. Um sistema CDMA pode implementar uma tecnologia de rádio tal como a Acesso Rádio Terrestre Universal (UTRA), cdma2000, etc. UTRA inclui CDMA de banda larga (WCDMA) e outras variantes de CDMA. CDMA2000 inclui padrões IS-2000, IS-95 e IS-856. Um sistema TDMA pode implementar uma tecnologia de rádio, tal como Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM). Um sistema OFDMA pode implementar uma tecnologia de rádio, tal como UTRA Desenvolvida (E-UTRA), Banda larga Ultra Móvel (UMB), IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20, Flash-OFDM®, etc. UTRA e E-UTRA fazem parte do Sistema de Telecomunicações Móveis Universal (UMTS). Evolução de Longo Alcance 3GPP (LTE) e LTE Avançado são os novos lançamentos de UMTS que usam E-UTRA. UTRA, E-UTRA, UMTS, LTE, LTE Avançado e GSM são descritos nos documentos

de uma organização chamada "Projeto de Parceria de 3º Geração (3GPP). cdma2000 e UMB são descritos nos documentos de uma organização chamada "Projeto de Parceria de 3º Geração 2 (3GPP2). As técnicas descritas neste documento podem ser utilizadas para os sistemas e tecnologias de rádio acima mencionados, bem como para outros sistemas e tecnologias de rádio. Para maior clareza, alguns aspectos das técnicas são descritos abaixo para WCDMA, e terminologia 3GPP é usada em grande parte da descrição a seguir.

[0013] A figura 1 mostra um sistema de comunicação sem fio 100, que pode incluir um número de Nó Bs e outras entidades de rede. Para simplificar, somente um nó B 120 e um Controlador de Rede Rádio (RNC) 130 é mostrado na FIG. 1. Um Nó B pode ser uma estação que se comunica com os UEs e também pode ser referido como um Nó B desenvolvido (eNB), uma estação base, um ponto de acesso, etc. Um Nó B pode prover cobertura de comunicação para uma determinada área geográfica. Para melhorar a capacidade do sistema, a área de cobertura geral de um nó B pode ser dividida em várias (por exemplo, três) áreas menores. Cada área menor pode ser servida por um respectivo subsistema d Nó B. Em 3GPP, o termo "célula" pode referir-se a menor área de cobertura de um Nó B e/ou um subsistema de nó B servindo esta área de cobertura. RNC 130 pode se acoplar a um conjunto de Nó Bs e prover coordenação e controle para estes Nós Bs.

[0014] O UE 110 pode ser um dos muitos UEs dispersos por todo o sistema. UE 110 pode ser fixo ou móvel e também pode ser referido como uma estação móvel, um terminal, um terminal de acesso, uma unidade de assinante, uma estação, etc. UE 110 pode ser um telefone celular, um assistente

peçoal digital (PDA), um modem sem fio, um dispositivo de comunicação sem fio, um dispositivo portátil, um computador laptop, um telefone sem fio, uma estação de loop local sem fio (WLL), etc. UE 110 pode se comunicar com o nó B 120, através do downlink e uplink. O downlink (ou link direto) se refere ao link de comunicação do nó B 120 para um UE 110, e o uplink (ou link reverso) refere-se ao link de comunicação de um UE de 10 para um Nó B 120.

[0015] O sistema pode suportar transmissão de dados em múltiplas (K) portadoras no uplink. Um ou mais UEs podem ser programados para transmissão de dados de uplink em cada portadora a qualquer momento. O UE só pode ser programado para transmissão de dados de uplink em até K portadoras em qualquer momento, dependendo de vários fatores, tais como os recursos do sistema disponíveis, a quantidade de dados de tráfego para enviar pelo UE, a prioridade do UE, exigências de qualidade de serviço (QoS) do UE, etc.

[0016] A figura 1 mostra um exemplo de transmissão de dados em múltiplas portadoras no uplink. UE 110 pode ter dados de tráfego para enviar e pode enviar uma solicitação de recurso para cada portadora. A solicitação de recurso também pode ser referida como uma solicitação de uplink, uma solicitação de programação, uma mensagem de informações de programação, etc. A solicitação de recursos para cada portadora pode transmitir uma capacidade de potência e/ou outras informações que podem ser utilizadas para programar o UE para transmissão de dados na portadora. A capacidade de potência para a portadora pode indicar a quantidade de potência de transmissão que pode ser usada para a portadora e pode ser dada por uma relação tráfego / piloto (T2P). A

capacidade de potência pode também ser referida como um offset de potência, etc.

[0017] Nó B 120 pode receber as solicitações de recurso para todas as K portadoras a partir do UE 110 e pode conceder ou negar a solicitação de recurso para cada portadora. Nó B 120 pode enviar uma concessão de recursos para cada portadora para a qual a solicitação de recurso é concedida. A concessão de recursos pode também ser referida como uma atribuição de recursos, uma concessão absoluta, uma concessão de uplink, etc. A concessão de recursos para cada portadora pode transmitir uma T2P concedida, um formato de transporte selecionado, etc. Um formato de transporte pode ser associado com um esquema de codificação específico e/ou taxa de código, um esquema de modulação específico, um tamanho de bloco de transporte específico, etc. Um formato de transporte pode também ser referido como uma taxa, uma taxa de dados, um formato de pacote, um esquema de codificação e modulação (MCS), etc. UE 110 pode enviar dados de tráfego a cada portadora, de acordo com a concessão de recursos para aquela portadora.

[0018] Nó B 120 pode implementar um programador comum ou um programador distribuído para o uplink. Um programador comum pode receber solicitações de recursos para todas as K portadoras a partir de todos os UEs, executar programação para todas as K portadoras juntamente com base em todas as solicitações de recursos recebidas e nos recursos de concessão para cada portadora tal que bom desempenho pode ser alcançado. Os recursos concedidos podem ser dados por T2Ps concedidas, taxas de dados, etc. Um programador distribuído pode receber solicitações de recursos para cada

portadora a partir de todos os UEs, executar a programação para cada portadora independentemente, e conceder recursos para cada portadora com base nas solicitações de recurso recebidos para aquela portadora.

[0019] UE 110 pode enviar uma solicitação de recurso separada para cada portadora se o Nó B 120 implementar um programador distribuído. Isso permitiria que o programador distribuído agendasse um UE 10 para transmissão de dados de uplink em cada portadora. O UE 110 também pode enviar uma solicitação de recurso separada para cada portadora mesmo se Nó B 120 implementar um programador comum. Neste caso, o programador comum pode combinar as solicitações de recursos para diferentes portadoras e/ou pode conceder ou negar cada solicitação de recurso. O programador comum também pode conceder taxas de dados que podem ser diferentes de taxas de dados solicitadas pelo UE 110. Por exemplo, as taxas de dados concedidas podem ser maiores do que as taxas de dados solicitadas para algumas portadoras e podem ser inferiores às taxas de dados solicitadas para outras portadoras. No entanto, a taxa de dados total concedida pode ser menor ou igual à taxa de dados total solicitada. O UE 110 pode gerar solicitações de recursos para as K portadoras, conforme descrito abaixo.

[0020] UE 110 pode ter uma potência de transmissão máxima de $P_{\max}$ e pode usar algumas das potências de transmissão para enviar informações de piloto e/ou overhead sobre cada portadora. O UE 110 pode então ter uma potência de transmissão disponível P_{dispon} para transmissão de dados sobre as k portadoras. A potência de transmissão disponível P_{dispon} pode ser expressa como:

$$P_{avail} = P_{max} - \sum_{k=1}^K P_{pilotk} - \sum_{k=1}^K P_{oh,k} \quad \text{Eq(1)}$$

Onde $P_{pilot,k}$ é a potência de transmissão para piloto na k portadora, e

$P_{oh,k}$ é a potência de transmissão para informações de overhead na k portadora.

[0021] Em um primeiro projeto, UE 110 pode distribuir de modo uniforme ou dividir a potência de transmissão máxima P_{max} entre todas as K portadoras nas quais o UE 110 pode ser programado para transmissão de dados. Neste projeto, a potência de transmissão alocada a cada portadora pode ser expressa como:

$$P_k = \frac{P_{max}}{K} - P_{pilotk} - P_{oh,k} \quad , \quad \text{for } k=1,...,K,$$

Eq(2)

onde P_k é a potência de transmissão alocada para dados para a k portadora.

[0022] A figura 2A mostra um exemplo de distribuição de potência de transmissão de acordo com o primeiro projeto. Neste exemplo, três portadoras 1, 2 e 3 estão disponíveis e são potência de transmissão alocada de P_1 , P_2 e P_3 , respectivamente, para transmissão de dados. Embora não seja mostrado na FIG. 2A, a potência de transmissão alocada para cada subportadora pode ser limitada a $P_{max,k}$, que é a potência de transmissão necessária para atingir a taxa máxima de dados suportada pelo sistema nas k portadoras. $P_{max,k}$ pode ser o mesmo para todas as portadoras ou pode ser diferentes para diferentes portadoras.

[0023] A potência de transmissão disponível P_{dispon} também podem ser distribuída uniformemente em toda as k portadoras. Neste caso, $P_1 = P_2 = \dots P_K = P_{\text{max}} / K$.

[0024] Em um segundo projeto, o UE 110 pode distribuir a potência de transmissão disponível P_{dispon} em toda as K portadoras com base em preenchimento. Neste projeto, as K portadoras podem ser ordenadas com base em suas condições de canal para melhor ou para pior. As condições de canal podem ser quantificadas como descrito abaixo. Após a ordenação, portadora 1 é a melhor portadora, a portadora K é a pior portadora, e a portadora k é a k -ésima melhor portadora. As K portadoras também podem ser ordenadas com base em uma denominação estática.

[0025] O UE 110 pode distribuir a potência de transmissão disponível as K portadoras ordenadas, uma portadora de cada vez, começando com a melhor portadora. Para uma dada k portadora selecionada para alocação de potência de transmissão, o UE 110 pode alocar $P_{\text{max},k}$ para a portadora selecionada a menos que a potência de transmissão disponível seja plenamente utilizada, de modo que $P_k = \min(P_{\text{dispon}}, P_{\text{max},k})$. O UE 110 pode atualizar a potência de transmissão disponível após a alocação de potência de transmissão para a portadora selecionada, como segue:

$$P_{\text{avail}} = P_{\text{avail}} - P_{\text{max},k} \quad \text{Eq(3)}$$

O UE 110 pode alocar a potência de transmissão disponível para uma portadora em um tempo até que toda a potência de transmissão disponível foi usada ou para todas as portadoras foram potência de transmissão alocada.

[0026] A figura 2B mostra um exemplo de distribuição de potência de transmissão de acordo com o segundo projeto.

Neste exemplo, três portadoras 1, 2 e 3 estão disponíveis e são ordenadas da melhor para a pior. Portadora 1 é alocada a $P_{\max,1}$, portadora 2 é alocada a $P_{\max,2}$ e portadora 3 é alocada a potência de transmissão disponível restante.

[0027] Em um terceiro projeto, o UE 110 pode distribuir não uniformemente a potência de transmissão disponível P_{dispon} pelas K portadoras tal que bom desempenho pode ser alcançado. Em um projeto, a distribuição de potência não-uniforme pode se basear em *water filling*. *Water filling* é análogo a derramar uma quantidade fixa de água em um recipiente com um fundo irregular. A quantidade de água pode corresponder a potência de transmissão disponível, e cada portadora pode corresponder a um ponto no fundo do frasco. A elevação do fundo em um determinado ponto pode corresponder ao inverso de uma relação sinal ruído e interferência (SINR) de uma portadora associada a esse ponto. A baixa elevação pode, portanto, corresponder a uma SINR alta, e vice-versa. A potência de transmissão disponível P_{dispon} pode então ser "despejada" no frasco tal que pontos mais baixos do frasco (que correspondem a SINRs superiores) são preenchidos primeiro, e os pontos mais elevados do frasco (que correspondem a SINRs inferiores) são preenchidos posteriormente. A distribuição de potência pode ser dependente da potência de transmissão disponível P_{dispon} e da profundidade do frasco sobre a superfície inferior.

[0028] As K portadoras podem observar diferentes canais e condições de interferência e podem ter SINRs diferentes. A SINR de cada portadora pode ser expressa como:

$$\gamma_k = \frac{P_k \cdot g_k}{N_{0,k}}, \quad \text{for } k=1,...,K, \quad \text{Eq(4)}$$

onde P_k é a potência de transmissão para a portadora k ,

g_k é um ganho de canal para a k portadora,

$N_{0,k}$ é o ruído térmico e interferência em k portadora,
e

γ_k é uma SINR recebida para portadora k .

[0029] O UE 110 pode distribuir a potência de transmissão disponível para as portadoras K tal que a taxa de dados total para as portadoras k é maximizada. Neste caso, o UE 110 pode alocar potência de transmissão para cada portadora tal que ela maximiza a seguinte função objetivo:

$$J = \sum_{k=1}^K f(\gamma_k) , \quad \text{Eq (5)}$$

onde J é uma função objetivo para maximizar, e

$f(\gamma_k)$ é uma função que provê uma taxa de dados alcançada com uma SINR recebida de γ_k .

[0030] Função $f(\gamma_k)$ pode ser considerada como sendo monotonicamente crescente em relação ao γ_k , de modo que $f'(\gamma_k) > 0$. Função $f''(\gamma_k)$ também pode ser considerada como sendo côncava com relação a γ_k , de modo que $f''(\gamma_k) \leq 0$.

[0031] O UE 110 pode distribuir a potência de transmissão disponível pelas K portadoras com as seguintes restrições:

$$P_k \geq 0 , \quad \text{Eq (1)}$$

$$P_k \leq P_{\max k} , \text{ e} \quad \text{Eq (2)}$$

$$\sum_{k=1}^K P_k \leq P_{\text{avail}} , \quad \text{Eq (3)}$$

$$\text{onde } \frac{P_{\max k} \cdot g_k}{N_{0,k}} = \gamma_{\max} \text{ and } P_{\max k} = \frac{\gamma_{\max} \cdot N_{0,k}}{g_k}, \quad \text{Eq (4)}$$

onde $\gamma_{\max}$ é uma SINR requerida para a taxa de dados máxima suportada pelo sistema, e $P_{\max, k}$ é a potência de transmissão necessária para alcançar uma SINR de $\gamma_{\max}$ na subportadora k .

$P_{\max, k}$ também pode ser referida como a potência de transmissão permitida máxima para a portadora k .

[0032] Equação (6) indica que cada portadora pode ser alocada na potência de transmissão não negativa. Equação (7) indica que cada portadora deverá ser alocada em não mais do que a potência de transmissão $P_{\max, k}$ necessária para atingir a taxa máxima de dados suportados pelo sistema. Alocar mais que $P_{\max, k}$ pode resultar em desperdício de potência em excesso uma vez que potência de transmissão mais alta teria resultado em uma SINR recebida maior do que $\gamma_{\max}$ mas não aumentaria a taxa de dados. Equação (8) indica que a potência de transmissão total alocada a todas as K portadoras não deve exceder a potência de transmissão disponível.

[0033] Uma equação de Lagrange L para a função objetivo J pode ser expressa como:

$$L = J - \lambda \cdot \sum_{k=1}^K P_k + \sum_{k=1}^K \mu_k \cdot P_k - \sum_{k=1}^K \beta_k \cdot (\gamma_k - \gamma_{\max}), \quad \text{Eq(10)}$$

Onde μ_k é um preço sombra de P_k e é positivo se e somente se $P_k = 0$,

β_k é um preço sombra de $\gamma_{\max}$ e é positivo se e somente se $\gamma_k = \gamma_{\max}$, e

λ é um preço sombra de $P_{\text{dispon.}}$

[0034] Os preços sombra λ , μ_k e β_k são valores não-negativos e são indicativos de uma mudança na função objetivo J com pequenos desvios das restrições P_{dispon} , $P_k = 0$ e $\gamma_k = \gamma_{\text{max}}$, respectivamente.

[0035] A função objetivo J pode ser maximizada tomando a derivada parcial de L em relação ao P_k e definindo a derivada parcial de zero, como se segue:

$$\frac{\partial f\left(\frac{P_k \cdot g_k}{N_{0,k}}\right)}{\partial P_k} - \lambda + \mu_k - \sum_{k=1}^K \frac{\beta_k \cdot g_k}{N_{0,k}} = 0 \quad . \quad \text{Eq (11)}$$

[0036] Quando $0 < P_k < P_{\text{max},k}$ os preços sombra se tornam $\mu_k = 0$, e $\beta_k = 0$, e a derivada parcial na equação (11) pode ser expressa como:

$$\frac{\partial f\left(\frac{P_k \cdot g_k}{N_{0,k}}\right)}{\partial P_k} = \lambda \quad , \quad \text{Eq (12)}$$

$$\text{onde } \lambda = \frac{\sum_{k=1}^K 1\{0 < P_k < P_{\text{max}k}\}}{P_{\text{avail}} + \sum_{k=1}^K 1\{0 < P_k < P_{\text{max}k}\} \frac{N_{0,k}}{g_k}} \quad \text{Eq (13)}$$

[0037] Para a equação (13), a cada k portadora pode ser alocada um valor de 1 se a sua potência de transmissão for $0 < P_k < P_{\text{max},k}$ ou um valor de 0, caso contrário. Os valores de todas as K portadoras podem ser somados para obter o numerador da equação (13). O valor de cada portadora pode ser escalado com $N_{0,k}/g_k$, os valores escalados para todas as K portadoras podem ser somados, e o resultado somado pode ser adicionado com P_{dispon} para obter o denominador da equação (13).

[0038] Função $f(\gamma_k)$ pode mapear uma SINR recebida para uma taxa de dados e pode ser uma função de capacidade restrita, uma função de capacidade sem restrições, ou alguma outra função. Em um projeto, a função $f(\gamma_k)$ pode ser uma função de capacidade sem restrições e pode ser expressa como:

$$f(\gamma_k) = W \log_2(1 + \gamma_k) \quad , \quad \text{Eq (14)}$$

onde W é a largura de banda do sistema.

[0039] Combinando as equações (12), (13) e (14), a potência de transmissão P_k para alocar à portadora k pode ser expressa como:

$$P_k = \frac{1}{\lambda - \mu_k + \frac{\beta_k \cdot g_k}{N_{0,k}}} - \frac{N_{0,k}}{g_k} \quad . \quad \text{Eq (15)}$$

[0040] Para $0 < P_k < P_{\max, k}$ com $\mu_k = 0$ e $\beta_k = 0$, a equação (15) pode ser simplificada como:

$$P_k = \frac{1}{\lambda} - \frac{N_{0,k}}{g_k} \quad . \quad \text{Eq (16)}$$

[0041] Em geral, P_k pode ser dependente da função específica utilizada para $f(\gamma_k)$ e pode ser determinada com base nas equações (12) e (13).

[0042] Não existe uma solução de forma fechada para a distribuição da potência de transmissão disponível para as portadoras K com *water filling*. No entanto, as características monotônicas e côncava da função $f(\gamma_k)$ e a relação entre γ_k e P_k implica que uma portadora que é alocada $P_k = P_{\max, k}$ deve ser melhor do que uma portadora que é alocada $0 < P_k < P_{\max, k}$ que deve ser melhor do que uma portadora que é alocada $P_k = 0$. Esta observação pode ser explorada para iterativamente distribuir a potência de transmissão disponível para as portadoras K .

[0043] A figura 3 mostra um projeto de um processo 300 para executar o *water filling*. Inicialmente, as k portadoras podem ser ordenadas com base em suas condições de canal de melhor para pior (bloco 310). Condições de canal podem ser quantificadas por $g_k / N_{0,k}$, de modo que a melhor portadora tem o maior $g_k / N_{0,k}$, e a pior portadora tem o menor $g_k / N_{0,k}$. Após a ordenação, a portadora 1 é a melhor portadora, a k portadora é a pior portadora, e k é a k -ésima melhor portadora.

[0044] A potência de transmissão permitida máxima $P_{\max,k}$ pode ser alocada com tantas portadoras quanto possível, uma portadora de cada vez começando com a melhor portadora, para maximizar a função objetivo J (bloco 320). Bloco 320 pode atribuir zero ou mais portadoras com $P_{\max,k}$. A potência de transmissão disponível restante pode ser distribuída para as portadoras remanescentes para maximizar a função objetiva (bloco 330). Bloco 320 pode ser referido como uma etapa de *water filling*, e o bloco 330 pode ser referido como a etapa 2 de *water filling*. Blocos 320 e 330 podem ser realizados iterativamente, como descrito abaixo.

[0045] Para o *water filling* iterativo, dois grupos de portadoras podem ser mantidas. Grupo 1 pode incluir as portadoras que foram alocadas $P_k = P_{\max,k}$. Grupo 2 pode incluir portadoras que foram alocadas $0 < P_k < P_{\max,k}$. Grupos 1 e 2 podem ser inicializados para não conter nenhuma portadoras, e cada portadora pode ser inicializada com $P_k = 0$.

[0046] A figura 4 mostra um projeto de um processo iterativo para o bloco 320 na FIG. 3. Um índice k para a portadora pode ser inicializado para 1 (bloco 412). k Portadora pode ser alocada com tanta potência de transmissão

quanto possível, com a potência de transmissão alocada P_k sendo limitada por qualquer P_{dispon} ou $P_{\text{max},k}$ (bloco 414). A determinação pode ser feita se alguma da potência de transmissão afetada $P_{k,k}$ para portadora pode ser melhor redistribuída para a próxima pior portadora $k + 1$ (etapa 420). Esta determinação pode ser feita com base na seleção:

$$\left. \frac{\partial f(\gamma_k)}{\partial P_k} \right|_{P_k} < \left. \frac{\partial f(\gamma_{k+1})}{\partial P_{k+1}} \right|_{P_{k+1}=0} . \quad \text{Eq(17)}$$

[0047] A Equação (17) compara a derivada parcial $f(\gamma_k)$ com P_k alocada à k portadora contra a derivada parcial de $f(\gamma_{k+1})$ sem potência de transmissão alocada para a próxima pior portadora $k + 1$. Se a equação (17) se mantém e a resposta é "sim" para o bloco 420, em seguida, as K portadoras e $k + 1$ podem ser colocadas no grupo 2 (bloco 422), e o processo para o bloco 320 pode terminar. Caso contrário, se a equação (17) não se mantém e a resposta é "não" para o bloco 420, em seguida, a determinação pode ser feita se a potência de transmissão alocada P_k é igual a k portadora P_{dispon} P_{max} ou P , (block 430). Se P_k é igual a P_{dispon} , então k portadora pode ser colocada no grupo 2 (bloco 432), e o processo para o bloco 320 pode terminar.

[0048] Caso contrário, se P_k é igual à $P_{\text{max},k}$, então k portadora pode ser colocada no grupo 1 (bloco 434). A potência de transmissão disponível pode ser atualizada como $P_{\text{dispon}} = P_{\text{dispon}} - P_k$ (Bloco 436). Se todas as k portadoras foram potência de transmissão alocada, conforme determinado no bloco 438, em seguida, o processo para o bloco 320 pode terminar. Caso contrário, o índice k pode ser incrementado (bloco 440), e o processo pode voltar ao bloco 414.

[0049] O processo para o bloco 320 na FIG. 04 pode prover um grupo contendo zero ou mais portadoras que tenham sido alocadas $P_{\max, k}$ e o grupo 2, que contém zero ou mais portadoras que tenham sido alocadas menos do que $P_{\max}$. Bloco 330 pode ser realizada se o processo para o bloco 320 termina após o bloco 422 na FIG. 4 e pode ser ignorado se o processo para o bloco 320 termina após o bloco 432 ou 438 na FIG. 4.

[0050] A figura 5 mostra um projeto de um processo iterativo para o bloco 330 na FIG. 3. Grupo 2 pode ser considerado como incluindo portadoras $k, k + 1, \dots, k + m$, onde k pode ser inferior a K , e m pode ser 0 ou maior. K portadoras para $k + m$ no grupo 2 podem ser potência de transmissão alocada P_k para P_{k+m} com a potência de transmissão disponível P_{dispon} (bloco 512). Para o bloco 512, λ pode ser calculado para as $m + 1$ portadoras no grupo 2, por exemplo, como mostrado na equação (13). A potência de transmissão para atribuir a cada portadora no grupo 2 pode então ser calculada, por exemplo, como mostrado na equação (16).

[0051] A determinação pode ser feita se qualquer portadora no grupo 2 for atribuída mais potência de transmissão do que necessária para alcançar $\gamma_{\max}$ (bloco 514). Se a resposta for 'Sim', então a cada portadora sobre alocada pode ser alocada potência de transmissão suficiente para alcançar $\gamma_{\max}$ e pode ser movida para o grupo 1 (bloco 516). O Grupo 2 também pode ser atualizado através da remoção de cada portadora que foi movida para o grupo 1 (bloco 518). A potência de transmissão disponível pode ser atualizada pela subtração da potência de transmissão alocada a cada portadora movida para o grupo 1 (bloco 520). O processo pode então

retornar ao bloco 512 para repetir a distribuição da potência de transmissão para os demais membros do grupo 2.

[0052] Caso contrário, se a nenhuma portadora foi alocada mais do que a potência de transmissão para atingir $Y_{\max}$ e a resposta é "não" para o bloco 514, então, a determinação pode ser feita se houver uma pior k portadora próxima $k + m + 1$ ainda não incluída no grupo 2 (bloco 520). Se a resposta for "Não", então o processo para o bloco 330 pode terminar. Caso contrário, se a resposta for 'Sim', então a determinação pode ser feita se alguma potência de transmissão alocada P_{k+m} , para a pior $m + k$ portadora no grupo 2 pode ser melhor redistribuída a pior k portadora próxima $k + m + 1$ (etapa 522). Esta determinação pode ser feita com base na seleção:

$$\left. \frac{\partial f(\gamma_{k+m})}{\partial P_{k+m}} \right|_{P_{k+m}} < \left. \frac{\partial f(\gamma_{k+m+1})}{\partial P_{k+m+1}} \right|_{P_{k+m+1}=0} . \quad \text{Eq(18)}$$

[0053] Equação (18) compara a derivada parcial de $f(\gamma_{k+m})$ com P_{k+m} alocada para a pior $m + k$ portadora no grupo 2 contra a derivada parcial de $f(\gamma_{k+m+1})$ sem potência de transmissão alocada a pior $k + m + 1$ portadora próxima. Se a equação (18) se mantém a resposta é "sim" para o bloco 522, em seguida, portadora $k + m + 1$ pode ser adicionada ao grupo 2 bloco (524), e o processo pode retornar ao bloco 512 para repetir a distribuição da potência de transmissão com K portadoras para $k + m + 1$ no grupo 2. Caso contrário, se a equação (18) não se mantém e a resposta é "não" para o bloco 522, então, o processo para o bloco 330 pode terminar.

[0054] Uma ou mais iterações podem ser efetuadas para o bloco 320 e/ou bloco 330 para distribuir a potência de transmissão disponível para as portadoras K . O resultado do

water filling é uma ou múltiplas portadoras tendo potência de transmissão alocada tal que a função objetivo J é maximizada. Pode haver alguma potência de transmissão não utilizada se um UE 10 tem capacidade de processamento suficiente para alocar cada portadora com a potência de transmissão permitida máxima para alcançar $\gamma_{\max}$.

[0055] As figuras 3, 4 e 5 apresentam um projeto de realização de *water filling* para distribuir a potência de transmissão disponível para as portadoras K . O *water filling* também pode ser realizado de outras maneiras. Por exemplo, o bloco 320 na FIG. 3 pode ser omitido, e o bloco 330 pode ser realizado com o grupo 2, inicialmente incluindo portadoras 1 e 2.

[0056] A figura 2C mostra um exemplo de distribuição de potência de transmissão de acordo com o terceiro projeto para *water filling*. Neste exemplo, três portadoras 1, 2 e 3 estão disponíveis e ordenadas da melhor para a pior. Portadora 1 é alocada $P_1 = P_{\max,1}$, portadora 2 é atribuída $P_2 < P_{\max,2}$ e portadora 3 é atribuída $P_3 < P_{\max,3}$, onde P_2 e P_3 podem ser determinadas pelas equações (13) e (16).

[0057] Como mostrado nas equações (15) e (16), um UE 110 pode determinar a potência de transmissão P_k para alocar a cada k portadora com base no ganho de canal g_k e no ruído e interferência $k_{0,k}$ para aquela portadora. No entanto, o UE 110 não pode conhecer o ganho de canal g_k e o ruído e interferência $N_{0,k}$. Em um projeto, um UE 110 pode determinar potência de transmissão alocada P_k para cada portadora com base na potência de transmissão $P_{\text{piloto},k}$ para piloto na k portadora. A potência de transmissão para piloto pode ser ajustada com um loop de controle de potência para atingir

uma SINR alvo no Nó B 120. A potência de transmissão P_k para dados de tráfego pode então ser definida para maior do que a potência de transmissão para piloto por uma T2P selecionada e pode ser expressa como:

$$P_k = P_{pilotk} \cdot T2P_k, \quad \text{Eq(19)}$$

onde $T2P_k$ é a T2P para k portadora.

[0058] Piloto pode ser considerado como equivalente a uma taxa de dados de R_{piloto} . A taxa de dados de R_{dados} pode ser alcançada pelos dados de tráfego com a T2P selecionada. A taxa de dados equivalente para o piloto pode então ser expressa como:

$$R_{pilot} = \frac{R_{data}}{T2P_k}. \quad \text{Eq(20)}$$

A equação (20) pode ser mais precisa para a baixa taxa de dados para dados de tráfego R_{dados} e pode ser menos precisa para a alta taxa de dados de dados de tráfego.

[0059] O loop de controle de potência pode definir uma SINR alvo para piloto dentro de uma faixa estreita, independentemente da taxa de dados de dados de tráfego. Neste caso, a escala na equação (20) pode ser insensível à taxa de dados de dados de tráfego. A taxa de dados piloto equivalente R_{piloto} pode estar em uma região linear da função $f(\gamma_k)$. Para a função de capacidade irrestrita mostrada na equação (14), a taxa de dados equivalente para o piloto pode ser expressa como:

$$R_{pilot} = W \log_2 \left(1 + \frac{P_{pilotk} \cdot g_k}{N_{0,k}} \right) \cong W \frac{P_{pilotk} \cdot g_k}{N_{0,k}}. \quad \text{Eq(21)}$$

[0060] A relação do ganho de canal g_k para ruído e interferência $N_{0,k}$ para cada k portadora pode então ser aproximada como:

$$\frac{g_k}{N_{0,k}} \cong \frac{R_{pilot}}{W \cdot P_{pilotk}} \quad . \quad \text{Eq(22)}$$

[0061] A taxa de dados piloto equivalente R_{pilot} pode ser calculada com base em uma taxa de dados de tráfego conhecida R_{dados} e uma T2P conhecida para transmissão de dados em uma ou mais portadoras. A relação $g_k / N_{0,k}$ pode ser determinada para cada k portadora com base no R_{pilot} computado, na largura de banda de sistema conhecida W , e na potência de transmissão conhecida $P_{pilot,k}$ usada para piloto na k portadora.

[0062] A potência de transmissão P_k para alocar para a k portadora pode então ser expressa como:

$$P_k = \frac{1}{\lambda} - \frac{W \cdot P_{pilotk}}{R_{pilot}} \quad . \quad \text{Eq(23)}$$

A equação (23) assume que $0 < P_k < P_{max,k}$, de modo que $\mu_k = 0$ e $\beta_k = 0$.

[0063] O preço-sombra λ pode ser apropriado como segue:

$$\lambda = \frac{\sum_{k=1}^K 1\{0 < P_k < P_{maxk}\}}{P_{avail} + \sum_{k=1}^K 1\{0 < P_k < P_{maxk}\} \frac{W \cdot P_{pilotk}}{R_{pilot}}} \quad . \quad \text{Eq(24)}$$

[0064] As equações (23) e (24) indicam que portadoras com melhores condições de canal (e, conseqüentemente, menor potência de transmissão para piloto) têm geralmente maior potência de transmissão alocada P_k . Este pode ser o caso

mesmo quando a SINR recebida é maior para uma melhor portadora no Nó B 120.

[0065] Várias simplificações podem ser utilizadas para *water filling* iterativo. Em um projeto, uma região linear com um corte T2P pode ser definida para a função $f(\gamma_k)$. A região linear pode cobrir uma faixa de valores de P_k ou γ_k (ou equivalentemente, uma faixa de taxas de dados) em que $f(\gamma_k)$ pode ser aproximada com uma função linear. Para qualquer determinada iteração na FIG. 4, se a potência de transmissão alocada para k portadora está na região linear, então a iteração pode terminar imediatamente, sem realizar a verificação da equação (17).

[0066] Como exemplo, *water filling* para um caso com duas portadoras 1 e 2 e todas as taxas de dados estando em uma região linear pode ser realizado da seguinte forma. A portadora 1 pode ser alocada tanto potência de transmissão quanto possível. Se a potência de transmissão alocada P_1 para a portadora 1 for limitada pela P_{dispon} , então, *water filling* termina. Se P_1 for limitada pela $P_{\text{max},1}$, então, a portadora 2 pode ser alocada tanta potência de transmissão quanto possível. A potência de transmissão alocada P_2 para portadora 2 pode ser limitada por P_{dispon} ou $P_{\text{max},2}$.

[0067] Como outro exemplo, *water filling* para um caso com duas portadoras 1 e 2, a taxa máxima de dados em uma região não-linear pode ser realizada da seguinte forma. A portadora 1 pode ser atribuída tanta potência de transmissão quanto possível, e P_1 pode ser limitada pela $P_{\text{max},1}$ ou P_{dispon} . A seguinte verificação pode então ser feita:

$$\left. \frac{\partial f(\gamma_1)}{\partial P_1} \right|_{P_1} > \left. \frac{\partial f(\gamma_2)}{\partial P_2} \right|_{P_2=0} . \quad \text{Eq(25)}$$

[0068] Se a equação (25) se mantém e P_1 é limitada pela P_{dispon} , então, *water filling* termina. Se a equação (25) não se mantém, então, as portadoras 1 e 2 podem ser colocadas no grupo 2 e podem ser atribuídas potências de transmissão P_1 e P_2 , respectivamente. A determinação pode ser feita se a portadora é atribuída mais do que potência de transmissão necessária para alcançar γ_{max} . Se assim for, então a portadora 1 pode ser atribuída potência de transmissão suficiente para alcançar γ_{max} . E a portadora 2 pode ser alocada tanta potência de transmissão restante quanto possível. P_2 para portadora 2 pode ser limitada por P_{dispon} ou $P_{\text{max}, 2}$.

[0069] Para simplificar o cálculo para o *water filling*, a derivada parcial $\frac{\partial f(y_g)}{\partial P_k}$ para diferentes valores de P_k pode ser aproximada com aproximação linear em partes e armazenada em uma tabela de busca. A derivada parcial para cada taxa de dados pode então ser determinada facilmente ao acessar a tabela de busca.

[0070] O UE 110 pode determinar a potência de transmissão P_k atribuída a cada uma das K portadoras com base na distribuição uniforme, preenchimento, ou *water filling*, como descrito acima. Em um projeto, um UE 110 pode determinar uma T2P solicitada para cada k portadora com base na potência de transmissão alocada P_k e na potência de transmissão piloto $P_{\text{piloto}, k}$ para portadora k , por exemplo, como mostrado na equação (19). O UE 110 pode gerar uma solicitação de recurso para cada portadora com potência de transmissão alocada

diferente de zero e pode incluir a T2P solicitada para a portadora. Nó B 120 pode programar um UE 110 para transmissão de dados no uplink, com base na T2P concedida para cada portadora. Nó B 120 também pode determinar uma T2P concedida para cada portadora, que pode ser igual, inferior ou, possivelmente, maior do que a T2P solicitada para a portadora. Nó B 120 pode enviar uma concessão de recursos para cada portadora com uma T2P concedida positiva. O UE 110 pode, então, transmitir dados de tráfego para cada portadora usando até T2P concedida para a portadora. O UE 110 pode armazenar uma tabela que mapeia T2P para transportar formato e pode determinar um modelo de transporte particular ou taxa de dados para utilizar para cada portadora com base na T2P concedida para a portadora.

[0071] Em geral, o UE 110 pode enviar as informações para cada portadora que pode ser pertinente ao Nó B 120 para programar o UE 110 para transmissão de dados e alocar recursos para o UE 110. As informações enviadas pelo UE 110 podem incluir uma T2P, uma potência de transmissão alocada P_k , uma estimativa de SINR, uma taxa de dados, a quantidade de dados de tráfego a enviar, etc. As informações de cada portadora podem ser enviadas em uma solicitação de recurso separada. Alternativamente, uma solicitação de recurso pode levar informação para múltiplas portadoras. Nó B 120 pode conceder recursos para o UE 110 com base nas informações recebidas do UE 110. Os recursos concedidos podem ser dados pela quantidade de potência de transmissão que o UE 110 pode usar para cada portadora, uma taxa de dados para cada portadora, etc.

[0072] Se o Nó B 120 utiliza um programador comum, então o programador comum pode determinar as condições do canal de cada portadora para um UE 10 e pode determinar concessões de recurso adequadas para todas as K portadoras com base nas condições de canal e possivelmente em outros fatores. Por exemplo, as concessões de recurso para o UE 110 podem ser dependentes das exigências de dados do UE 110, as condições de carregamento instantâneas no Nó B 120, um nível de interferência (por exemplo, uma elevação sobre térmica (ROT) alvo) permitida pelo nó B 120, etc. Se o Nó B 120 utiliza um programador distribuído, então, o programador distribuído pode programar o UE 110 para cada portadora com base nas condições de canal e solicitação de recursos para a portadora.

[0073] A figura 6 mostra um projeto de um processo 600 para geração e envio de solicitações de recursos para múltiplas portadoras. Processo 600 pode ser realizado por um UE (como descrito abaixo), ou por alguma outra entidade. O UE pode determinar a potência de transmissão disponível P_{dispon} para transmissão de dados em múltiplas portadoras (bloco 612). O UE pode distribuir a potência de transmissão disponível para as múltiplas portadoras para obter potência de transmissão alocada P_k para cada uma das múltiplas portadoras (bloco 614). O UE pode enviar pelo menos uma solicitação de recurso que inclui informações indicativas da potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras (bloco 616). O UE pode enviar uma solicitação de recurso para cada portadora ou pode enviar uma solicitação de recurso para mais de uma portadora. O UE pode, posteriormente, receber pelo menos uma concessão de recurso

que inclui informações indicativas de potência de transmissão concedida para cada uma de pelo menos uma portadora entre as múltiplas portadoras (bloco 618). Ao UE pode ser concedida potência de transmissão para todos ou um subconjunto de múltiplas portadoras. O UE pode enviar dados sobre pelo menos uma portadora (bloco 620) e pode limitar a potência de transmissão para cada portadora para a potência de transmissão para aquela portadora (bloco 622).

[0074] Em um projeto do bloco 614, o UE pode distribuir o máximo de potência de transmissão igualmente para as múltiplas portadoras e pode determinar a potência de transmissão alocada para cada portadora com base na potência de transmissão distribuída para a portadora e potência de transmissão utilizada para o piloto e overhead na portadora, por exemplo, como mostrado na equação (2). O UE também pode distribuir a potência de transmissão disponível também para as múltiplas portadoras. Em outro projeto do bloco 614, o UE pode distribuir a potência de transmissão disponível com base no preenchimento. Neste projeto, o UE pode ordenar as múltiplas portadoras da melhor para a pior baseada em suas condições de canal. O UE pode selecionar uma portadora de cada vez para alocar potência de transmissão, começando com a melhor portadora. O UE pode alocar a portadora selecionada com a potência de transmissão permitida máxima para aquela portadora, até que a potência de transmissão disponível seja totalmente usada.

[0075] Em ainda outro projeto do bloco 614, o UE pode distribuir a potência de transmissão disponível com base em *water filling*. O UE pode distribuir a potência de transmissão disponível de forma desigual para as múltiplas portadoras,

com as portadoras observando melhores condições de canal sendo alocadas mais potência de transmissão. Para simplificar a distribuição de potência, o UE pode ordenar as múltiplas portadoras da melhor para a pior com base em suas condições de canal e pode distribuir a potência de transmissão disponível para as múltiplas portadoras com base em sua ordem e as condições do canal de múltiplas portadoras. O UE pode primeiramente alocar a potência de transmissão permitida máxima para tantas portadoras quanto possível, uma portadora de cada vez começando com a melhor portadora, com base em uma função objetivo, por exemplo, como mostrado na FIG. 4. O UE pode então atribuir a potência de transmissão disponível restante para as múltiplas portadoras restantes, se for o caso, com base na função objetivo, por exemplo, como mostrado na FIG. 5. O UE também pode pular a primeira parte do *water filling* na FIG. 4 e pode realizar a segunda parte do *water filling* na FIG. 5. A função objetivo pode maximizar a soma das taxas de dados de múltiplas portadoras, por exemplo, conforme mostrado na equação (5).

[0076] Em um projeto da primeira parte de *water filling* mostrado na FIG. 4, o UE pode selecionar uma portadora (por exemplo, a melhor portadora ainda não selecionada) para alocar potência de transmissão. O UE pode então alocar para a portadora selecionada a menor de todas as potências de transmissão disponíveis P_{dispon} ou a potência de transmissão máximo permitido $P_{\text{max},k}$ para a portadora selecionada. O UE pode atualizar a potência de transmissão disponível para considerar a potência de transmissão alocada para a portadora selecionada. O UE também pode determinar se a redistribui a potência de transmissão alocada para a

portadora selecionada para a próxima pior portadora, por exemplo, como mostrado na equação (17). O UE também pode realizar outras etapas mostradas na FIG. 4.

[0077] Em um projeto da segunda parte de *water filling* mostrado na FIG. 5, o UE pode distribuir a potência de transmissão disponível para pelo menos uma portadora entre as múltiplas portadoras com base em *water filling*, por exemplo, conforme mostrado na equação (13) e (16). O UE pode determinar se redistribui a potência de transmissão alocada para a pior portadora entre a pelo menos uma subportadora para uma próxima pior portadora. Se for feita uma determinação para redistribuir, então, o UE pode distribuir a potência de transmissão disponível para pelo menos uma portadora e a próxima pior portadora. O UE também pode realizar outras etapas na FIG. 5.

[0078] Em um projeto, o UE pode estimar a relação de ganho de canal / ruído e interferência total ($g_k / N_{0,k}$) para cada uma das múltiplas portadoras. O UE pode estimar uma taxa de dados equivalente para o piloto enviado em cada portadora com base em uma taxa de dados de dados de tráfego enviada naquela portadora e potência de transmissão (ou T2P) para os dados de tráfego, por exemplo, como mostrado na equação (20). O UE pode, então, estimar $g_k / N_{0,k}$ para cada portadora com base na potência de transmissão para piloto enviada à portadora e na taxa de dados equivalente para o piloto, por exemplo, conforme mostrado na equação (22). O UE pode distribuir a potência de transmissão disponível para as múltiplas portadoras com base na estimativa $g_i / N_{0,k}$ para cada portadora, por exemplo, conforme mostrado nas equações (23) e (24).

[0079] A figura 7 mostra um projeto de um processo 700 para recebimento de solicitações de recursos para múltiplas portadoras. Processo 700 pode ser realizado por um Nó B (conforme descrito abaixo) ou por alguma outra entidade. O Nó B pode receber a partir de um UE pelo menos uma solicitação de recurso compreendendo informações indicativas da potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras (bloco 712). A potência de transmissão alocada para cada portadora pode ser determinada através da distribuição da potência de transmissão disponível no UE para as múltiplas portadoras usando distribuição de potência uniforme, *greedy filling*, *water filling*, etc. O Nó B pode conceder potência de transmissão para cada uma de pelo menos uma portadora entre as múltiplas portadoras com base na potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras (bloco 714). O Nó B pode enviar para o UE pelo menos uma concessão de recurso compreendendo informações indicativas da potência de transmissão para cada uma das pelo menos uma portadora (bloco 716). O Nó B pode receber os dados enviados pelo UE na pelo menos uma portadora (bloco 718). O UE pode limitar a potência de transmissão para cada portadora para a potência de transmissão concedida para aquela portadora.

[0080] Em um projeto do bloco 714, o Nó B pode implementar um programador comum que pode conceder potência de transmissão para a pelo menos uma portadora juntamente com base nas potências de transmissão alocadas para múltiplas portadoras. Em um outro projeto do bloco 714, o Nó B pode aplicar um programador distribuído que pode conceder potência de transmissão para cada portadora separadamente

com base na potência de transmissão alocada para aquela portadora.

[0081] As técnicas descritas aqui podem ser usadas para vários sistemas e tecnologias de rádio, como mencionado acima. As técnicas podem ser utilizadas para Acesso a Pacote de Alta Velocidade de multiportadora (HSPA) em 3GPP. HSPA inclui Acesso a Pacote de Downlink de Alta Velocidade (HSDPA), definido em 3GPP versão 5 e posteriores, bem como Acesso a Pacote de Uplink de Alta Velocidade (HSUPA), definido em 3GPP versão 6 e posteriores. HSDPA e HSUPA são conjuntos de canais e procedimentos que permitem transmissão de dados em pacote de alta velocidade no downlink e uplink, respectivamente. Para HSPA, o UE 110 pode distribuir a potência de transmissão disponível para múltiplas portadoras e enviar solicitações de recursos para as múltiplas portadoras em um canal dedicado Melhorado (E-DCH), canal de controle Físico dedicado (E-DPCCH). O UE 110 pode receber concessões absolutas para as múltiplas portadoras em um Canal de Concessão Absoluto E-DCH (E-AGCH) e/ou concessões relativas em um canal de concessão relativa E-DCH (E-RGCH). O UE 110 pode enviar dados de tráfego em um canal de dados físico dedicado E-DCH (E-DPDCH), de acordo com as concessões.

[0082] A figura 8 mostra um diagrama de blocos de um projeto de UE 110 e Nó B 120. No UE 110, um processador de transmissão 814 pode receber dados de tráfego a partir de uma fonte de dados 812 e informação de controle (por exemplo, solicitações de recursos) de um controlador / processador 820. O processador de transmissão 814 pode processar (por exemplo, codificar e mapear em símbolos) os dados de tráfego e informações de controle, realizar modulação (por exemplo,

para CDMA, etc.), e prover amostras de saída. Um transmissor (TMTR) 816 pode condicionar (por exemplo, converter para analógico, filtrar, amplificar e converter ascendentemente), as amostras de saída e gerar um sinal de uplink, que pode ser transmitido através de uma antena 818.

[0083] No nó B 120, uma antena 852 pode receber os sinais de uplink do UE 110 e de outros UEs e prover um sinal recebido para um receptor (RCVR) 854. O receptor 854 pode condicionar e digitalizar o sinal recebido e prover amostras de entrada. Um processador de recepção 856 pode realizar demodulação nas amostras de entrada (por exemplo, para CDMA, etc.) e pode demodular e decodificar os símbolos resultantes para a obtenção dos dados de tráfego decodificados e informações de controle enviadas pelo UE 110 e outros UEs. O processador de recepção 856 pode prover os dados de tráfego decodificados para um depósito de dados 858 e as informações de controle decodificadas para um controlador / processador 860.

[0084] No downlink, um processador de transmissão 874 no Nó B 120 pode receber dados de tráfego para UEs a partir de uma fonte de dados 872 e controle da informação (por exemplo, concessões de recursos) a partir de controlador / processador 860. Os dados de tráfego e informações de controle podem ser processados (por exemplo, codificados, mapeados por símbolo, e modulados) pelo processador de transmissão 874 e adicionalmente condicionados por um transmissor 876 para gerar um sinal de downlink, que pode ser transmitido através da antena 852. No UE 110, o sinal de downlink no Nó B 120 pode ser recebido por antenas 818,

condicionado por um receptor 832, e demodulado e decodificado por um processador de transmissão 834.

[0085] Controladores / processadores 820 e 860 podem direcionar a operação no UE 110 e no Nó B 120, respectivamente. Processador 820 e/ou outros processadores e módulos no UE 110 podem executar ou direcionar o processo 300 na FIG. 3, o processo 600 na FIG. 6, e/ou outros processos para as técnicas descritas neste documento. Processador 860 e/ou outros processadores e módulos no Nó B 120 podem executar o processo 700 na FIG. 7, e/ou outros processos para as técnicas descritas neste documento. Memórias 822 e 862 armazenam código de programa e dados para UE 110 e Nó B 120, respectivamente. Um programador 864 pode programar UEs para transmissão de dados no downlink e/ou uplink e pode atribuir recursos para os UEs programados.

[0086] Aqueles versados na técnica iriam compreender que informação e sinais podem ser representados por qualquer uma de uma variedade de tecnologias e técnicas diferentes. Por exemplo, dados, instruções, comandos, informações, sinais, bits, símbolos e chips que podem ser referenciados em toda a descrição acima podem ser representados por tensões, correntes, ondas eletromagnéticas, campos magnéticos ou partículas, campos ópticos ou partículas, ou qualquer combinação dos mesmos.

[0087] Aqueles versados iriam adicionalmente apreciar que os diversos blocos lógicos ilustrativos, módulos, circuitos, e etapas de algoritmo descritos em conexão com a divulgação neste documento podem ser implementados como hardware eletrônico, software de computador, ou combinações dos mesmos. Para ilustrar

claramente esse "intercâmbio" de hardware e software, vários componentes ilustrativos, blocos, módulos, circuitos, e etapas foram descritos acima, geralmente em termos de sua funcionalidade. Se essa funcionalidade é implementada como hardware ou software depende da aplicação e limitações de projeto impostas ao sistema geral. Versados na técnica podem implementar a funcionalidade descrita em diferentes maneiras para cada aplicação específica, mas as decisões de implementação não devem ser interpretadas como causa de um afastamento do escopo da presente divulgação.

[0088] Os vários blocos lógicos ilustrativos, módulos e circuitos descritos em conexão com a divulgação aqui podem ser implementados ou realizados com um processador de finalidade geral, um processador de sinal digital (DSP), um circuito integrado de aplicação específica (ASIC), um arranjo de porta programável em campo (FPGA) ou outro dispositivo lógico programável, porta discreta ou lógica de transistor, componentes de hardware discretos, ou qualquer combinação destes projetada para realizar as funções descritas neste documento. Um processador de finalidade geral pode ser um microprocessador, mas em alternativa, o processador pode ser qualquer processador convencional, controlador, microcontrolador, ou máquina de estado. Um processador também pode ser implementado como uma combinação de dispositivos de computação, por exemplo, uma combinação de um DSP e um microprocessador, uma pluralidade de microprocessadores, um ou mais processadores em conjunto com um núcleo DSP, ou qualquer outra configuração desse tipo.

[0089] As etapas de um método ou algoritmo descritas em conexão com a divulgação neste documento podem ser

incorporadas diretamente em hardware, em um módulo de software executado por um processador ou em uma combinação dos dois. Um módulo de software pode residir na memória RAM, memória flash, memória ROM, memória EPROM, memória EEPROM, registradores, disco rígido, um disco removível, um CD-ROM, ou qualquer outra forma de mídia de armazenamento conhecida na técnica. Um meio de armazenamento exemplar é acoplado ao processador de tal forma que o processador pode ler informações de e gravar informações no meio de armazenamento. Em alternativa, o meio de armazenamento pode ser integral ao processador. O processador e o meio de armazenamento podem residir em um ASIC. O ASIC pode residir em um terminal de usuário. Em alternativa, o processador e o meio de armazenamento podem permanecer como componentes discretos em um terminal de usuário.

[0090] Em um ou mais projetos exemplares, as funções descritas podem ser implementadas em hardware, software, firmware, ou qualquer combinação destes. Se implementadas em software, as funções podem ser armazenadas ou transmitidas através de uma ou mais instruções ou código em um meio legível por computador. Meios legíveis por computador incluem meios de armazenamento em computador e meios de comunicação, incluindo qualquer meio que facilite a transferência de um programa de computador de um lugar para outro. Uma mídia de armazenamento pode ser qualquer tipo de mídia disponível, que pode ser acessada por um computador de propósito geral ou aplicação específica. A título de exemplo, e não de limitação, tais meios legíveis por computador podem incluir RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM ou outro armazenamento em disco óptico, armazenamento em disco magnético ou outros

dispositivos de armazenamento magnético, ou qualquer outro meio que possa ser utilizado para portar ou armazenar elementos de código de programa desejados na forma de instruções ou estruturas de dados e que podem ser acessados por um computador de finalidade geral ou finalidade especial, ou um processador de propósito geral ou aplicação específica. Além disso, qualquer conexão é devidamente considerada um meio legível por computador. Por exemplo, se o software é transmitido a partir de um site, servidor ou outra fonte remota utilizando um cabo coaxial, cabo de fibra óptica, par trançado, linha de assinante digital (DSL), ou tecnologias sem fio, como infravermelho, rádio e micro-ondas, então o cabo coaxial, cabo de fibra ótica, par trançado, DSL, ou tecnologias sem fio, como infravermelho, rádio e micro-ondas estão incluídas na definição de mídia. Disco e disco, tal como usado aqui, incluem disco compacto (CD), disco laser, disco ótico, disco versátil digital (DVD), disquete e disco Blue-ray em que discos geralmente reproduzem dados magneticamente, enquanto discos reproduzem dados opticamente com lasers. Combinações dos acima também devem ser incluídas no escopo de meios legíveis por computador.

[0091] A descrição anterior da divulgação é provida para permitir que qualquer pessoa versada na técnica faça ou use a divulgação. Várias modificações à divulgação serão prontamente aparentes aqueles versados na técnica, e os princípios genéricos definidos neste documento podem ser aplicados a outras variações, sem se afastar do espírito ou o escopo da divulgação. Assim, invenção não pretende ser limitada aos exemplos e projetos deste documento, mas deve

ser acordado o escopo mais amplo consistente com os princípios e novas características aqui descritos.

REIVINDICAÇÕES

1. Método (600) para comunicação sem fio **caracterizado pelo** fato de que compreende:

determinar (612) potência de transmissão disponível para a transmissão de dados em múltiplas portadoras;

distribuir (614) a potência de transmissão disponível para as múltiplas portadoras para obter informação de potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras;

enviar (616) pelo menos uma solicitação de recurso compreendendo uma primeira informação incluindo a informação de potência de transmissão alocada a cada uma das múltiplas portadoras; e

receber (618) pelo menos uma concessão de recurso compreendendo segunda informação que estabelece um valor de potência de transmissão concedida para cada uma de pelo menos uma portadora entre as múltiplas portadoras.

2. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que compreende adicionalmente:

enviar (620) dados sobre pelo menos uma portadora; e

limitar (622) potência de transmissão para cada uma dentre pelo menos uma portadora para a potência de transmissão concedida para a portadora.

3. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível compreende:

distribuir a potência de transmissão máxima igualmente para as múltiplas portadoras; e

determinar a potência de transmissão alocada para cada portadora com base na potência de transmissão distribuída

para a portadora e potência de transmissão utilizada para o piloto e overhead na portadora.

4. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível compreende:

ordenar múltiplas portadoras da melhor para a pior com base nas condições de canal para as múltiplas portadoras;

selecionar uma portadora de cada vez para alocar potência de transmissão, começando com a melhor portadora dentre as múltiplas portadoras; e

alocar a portadora selecionada com potência de transmissão máxima permitida para a portadora, até que a potência de transmissão disponível seja totalmente utilizada ou todas as subportadoras tenham potência de transmissão alocada.

5. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível compreende:

distribuir a potência de transmissão disponível de forma desigual para as múltiplas portadoras, com as portadoras observando melhores condições de canal sendo alocadas com mais potência de transmissão.

6. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível compreende:

ordenar as múltiplas portadoras da melhor para a pior com base nas condições de canal para múltiplas portadoras; e

distribuir a potência de transmissão disponível para as múltiplas portadoras com base na ordem das múltiplas portadoras e condições de canal das múltiplas portadoras.

7. Método (600), de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível para as múltiplas portadoras com base na ordem das múltiplas portadoras compreende:

alocar potência de transmissão máxima permitida para o maior número de múltiplas portadoras possível, uma portadora de cada vez em um tempo começando com uma melhor portadora, com base em uma função objetivo; e

alocar potência de transmissão disponível restante para as múltiplas portadoras restantes, se for o caso, com base na função objetivo.

8. Método (600), de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo** fato de que a função objetivo maximiza a soma das taxas de dados para múltiplas portadoras.

9. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível compreende:

selecionar uma portadora entre as múltiplas portadoras para alocar potência de transmissão;

alocar a portadora selecionada com uma menor de toda a potência de transmissão disponível, ou potência de transmissão máxima permitida para a portadora selecionada; e

atualizar a potência de transmissão disponível para considerar a potência de transmissão alocada para a portadora selecionada.

10. Método (600), de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível compreende adicionalmente determinar se redistribui a potência de transmissão alocada para a portadora selecionada para uma próxima pior portadora.

11. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível compreende:

distribuir a potência de transmissão disponível para pelo menos uma portadora entre as múltiplas portadoras com base em *water-filling*;

determinar se redistribui a potência de transmissão alocada para uma pior portadora entre a pelo menos uma subportadora para uma próxima pior portadora; e

distribuir a potência de transmissão disponível para a pelo menos uma portadora e a próxima pior portadora, se uma determinação é feita para redistribuir.

12. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível compreende:

estimar uma relação de ganho de canal para ruído e interferência total para cada uma das múltiplas portadoras; e

distribuir a potência de transmissão disponível para as múltiplas portadoras com base na relação entre o ganho de canal e o ruído e interferência total para cada portadora.

13. Método (600), de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado pelo** fato de que a distribuição (614) da potência de transmissão disponível compreende:

estimar uma taxa de dados equivalente para o piloto enviado em cada portadora com base em uma taxa de dados para dados de tráfego enviados na portadora e potência de transmissão para os dados de tráfego; e

estimar a relação entre o ganho de canal e o ruído e interferência total para cada portadora com base na potência de transmissão para o piloto enviado na portadora e a taxa de dados equivalente para o piloto.

14. Método (600), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a primeira informação inclui uma relação de potência que é uma relação de uma potência de transmissão de dados de tráfego com uma potência de transmissão piloto para cada uma dentre pelo menos uma portadora entre as múltiplas portadoras.

15. Equipamento para comunicação sem fio, **caracterizado pelo** fato de que compreende:

meios para determinar a potência de transmissão disponível para transmissão de dados em múltiplas portadoras;

meios para distribuir a potência de transmissão disponível para as múltiplas portadoras para obter potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras; e

meios para enviar pelo menos uma solicitação de recurso que inclui informações indicativas da potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras.

16. Equipamento, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo** fato de que compreende adicionalmente:

meios para enviar dados em pelo menos uma portadora;
e

meios para limitar a potência de transmissão para cada uma dentre pelo menos uma portadora para a potência de transmissão concedida para a portadora.

17. Equipamento, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo** fato de que os meios para distribuir a potência de transmissão disponível compreendem:

meios para distribuir a potência de transmissão máxima igualmente para as múltiplas portadoras; e

meios para determinar a potência de transmissão alocada para cada portadora com base na potência de transmissão distribuída para a portadora e potência de transmissão utilizada para o piloto e overhead na portadora.

18. Equipamento, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo** fato de que os meios para distribuir a potência de transmissão disponível compreendem:

meios para ordenar múltiplas portadoras da melhor para a pior com base nas condições de canal para as múltiplas portadoras;

meios para distribuir a potência de transmissão disponível de forma desigual para as múltiplas portadoras com base na ordem das múltiplas portadoras, com as portadoras observando melhores condições de canal sendo alocadas com mais potência de transmissão.

19. Equipamento, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo** fato de que os meios para distribuição da potência de transmissão disponível compreendem:

meios para selecionar uma portadora entre as múltiplas portadoras para alocar potência de transmissão;

meios para alocar a portadora selecionada com uma menor de toda a potência de transmissão disponível, ou potência de

transmissão máxima permitida para a portadora selecionada;
e

meios para atualizar a potência de transmissão disponível para considerar a potência de transmissão alocada para a portadora selecionada.

20. Equipamento, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo** fato de que os meios para distribuição da potência de transmissão disponível compreendem:

meios para distribuir a potência de transmissão disponível para pelo menos uma portadora entre as múltiplas portadoras com base em *water-filling*;

meios para determinar se redistribui a potência de transmissão alocada para uma pior portadora entre a pelo menos uma subportadora para uma próxima pior portadora; e

meios para distribuir a potência de transmissão disponível para a pelo menos uma portadora e a próxima pior portadora, se uma determinação é feita para redistribuir.

21. Método (700) para comunicação sem fio **caracterizado pelo** fato de que compreende:

receber (712) de um equipamento de usuário (UE) pelo menos uma solicitação de recurso compreendendo uma primeira informação incluindo informação de potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras, a potência de transmissão alocada para cada portadora sendo determinada pela distribuição de potência de transmissão disponível no UE para as múltiplas portadoras;

conceder (714) ao UE potência de transmissão para cada uma de pelo menos uma portadora entre as múltiplas portadoras com base na potência de transmissão alocada para cada uma das múltiplas portadoras; e

enviar (716) para o UE pelo menos uma concessão de recurso compreendendo segunda informação que estabelece um valor da potência de transmissão concedida para cada uma da pelo menos uma portadora.

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado pelo** fato de que a concessão (714) ao UE de potência de transmissão para cada uma dentre pelo menos uma portadora compreende conceder potência de transmissão para pelo menos uma portadora em conjunto com base nas potências de transmissão alocadas para as múltiplas portadoras.

23. Método, de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado pelo** fato de que a concessão (714) ao UE de potência de transmissão para cada uma dentre pelo menos uma portadora compreende conceder potência de transmissão para cada portadora separadamente com base na potência de transmissão alocada para a portadora.

24. Método, de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado pelo** fato de que a primeira informação inclui uma relação de potência que é uma relação entre uma potência de transmissão de dados de tráfego e uma potência de transmissão piloto para cada uma dentre pelo menos uma portadora entre as múltiplas portadoras.

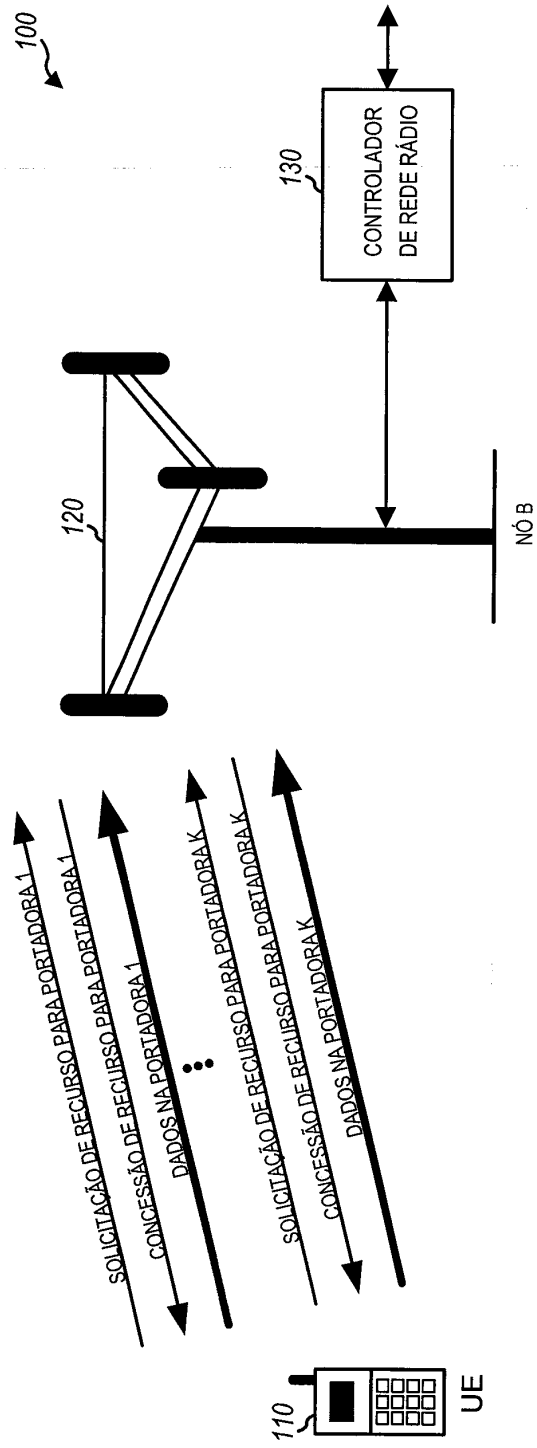


FIG. 1

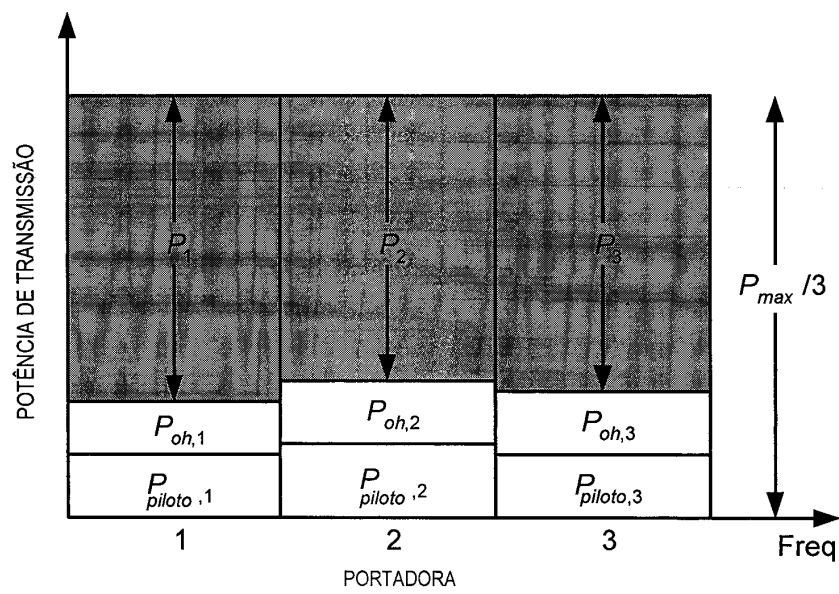


FIG. 2A

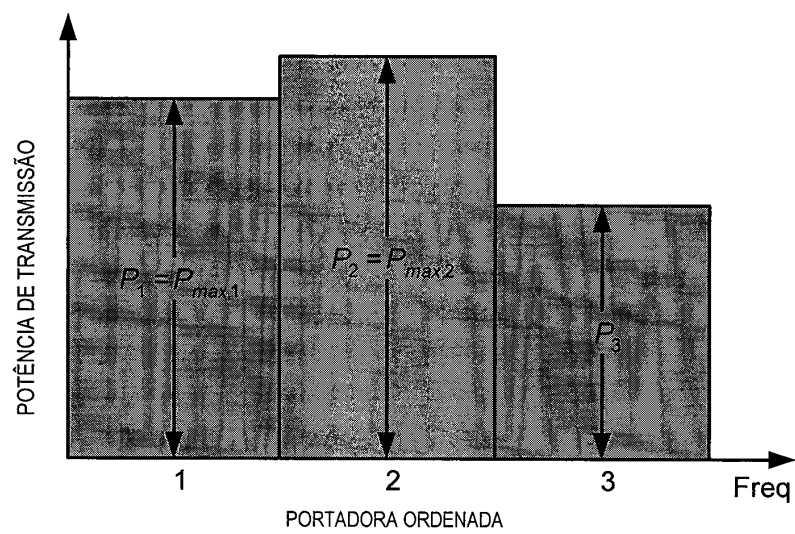


FIG. 2B

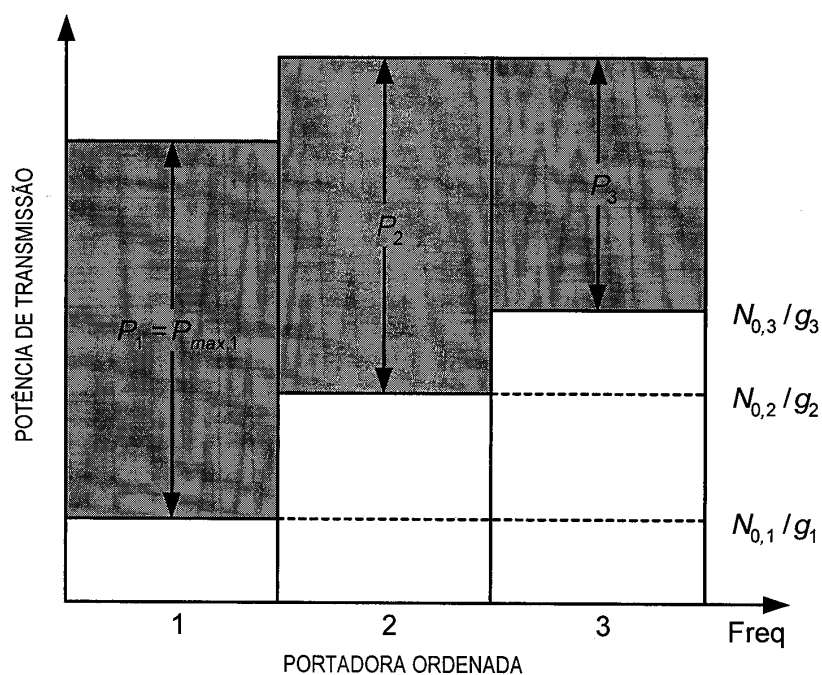


FIG. 2C

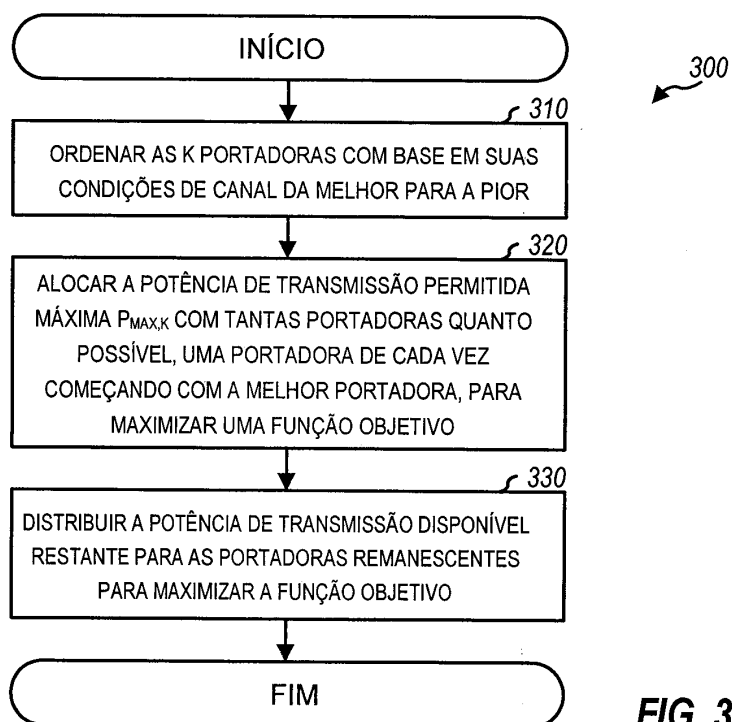


FIG. 3

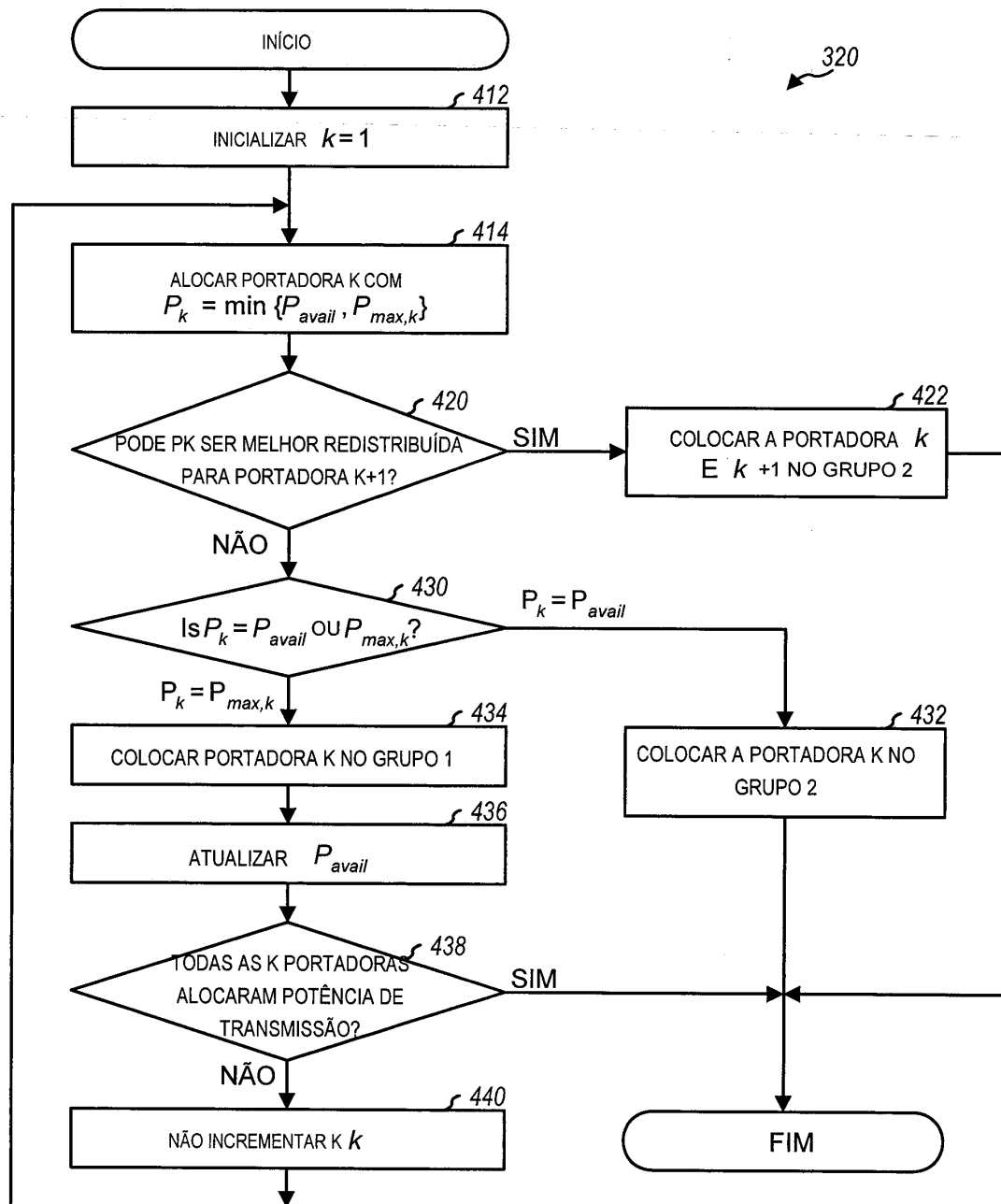


FIG. 4

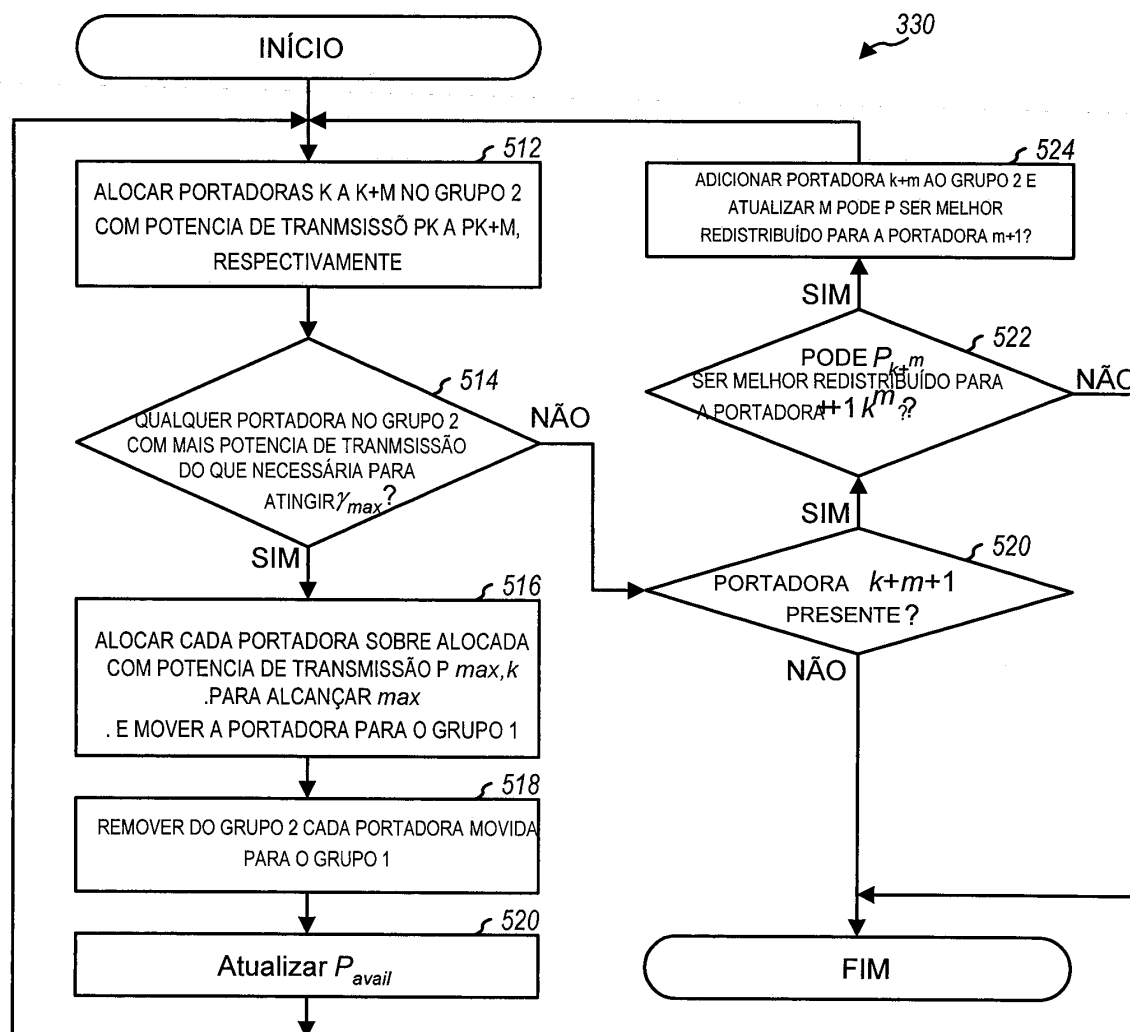
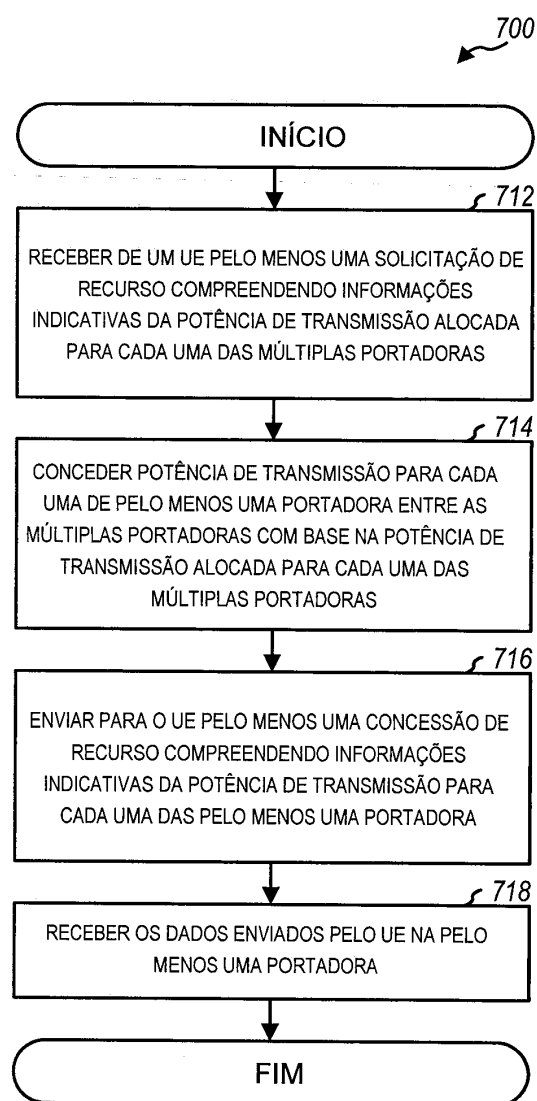
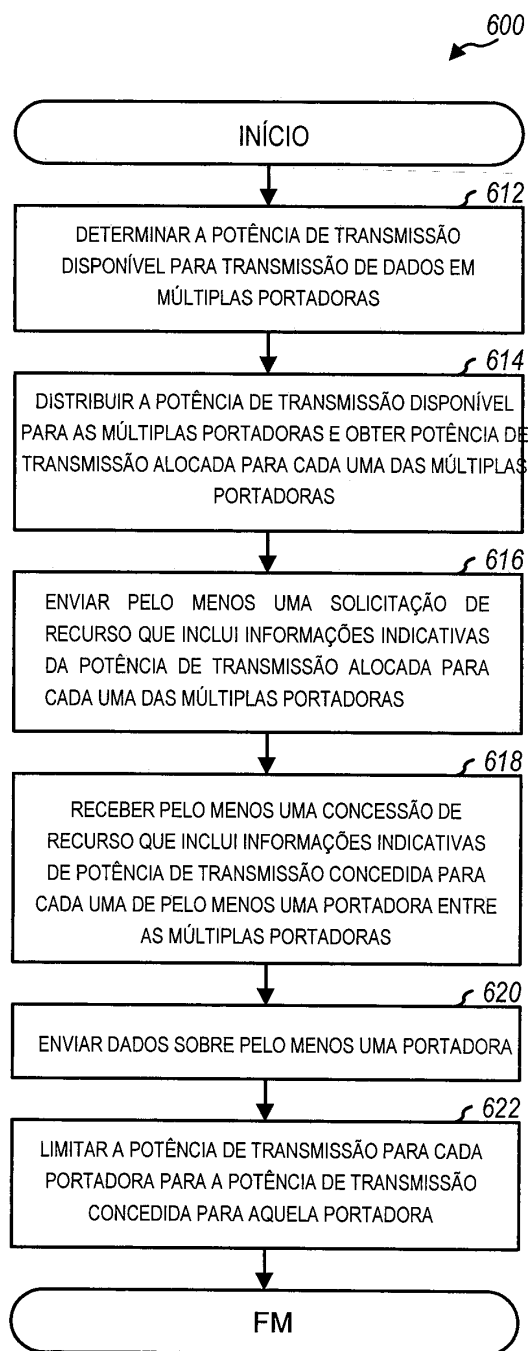


FIG. 5



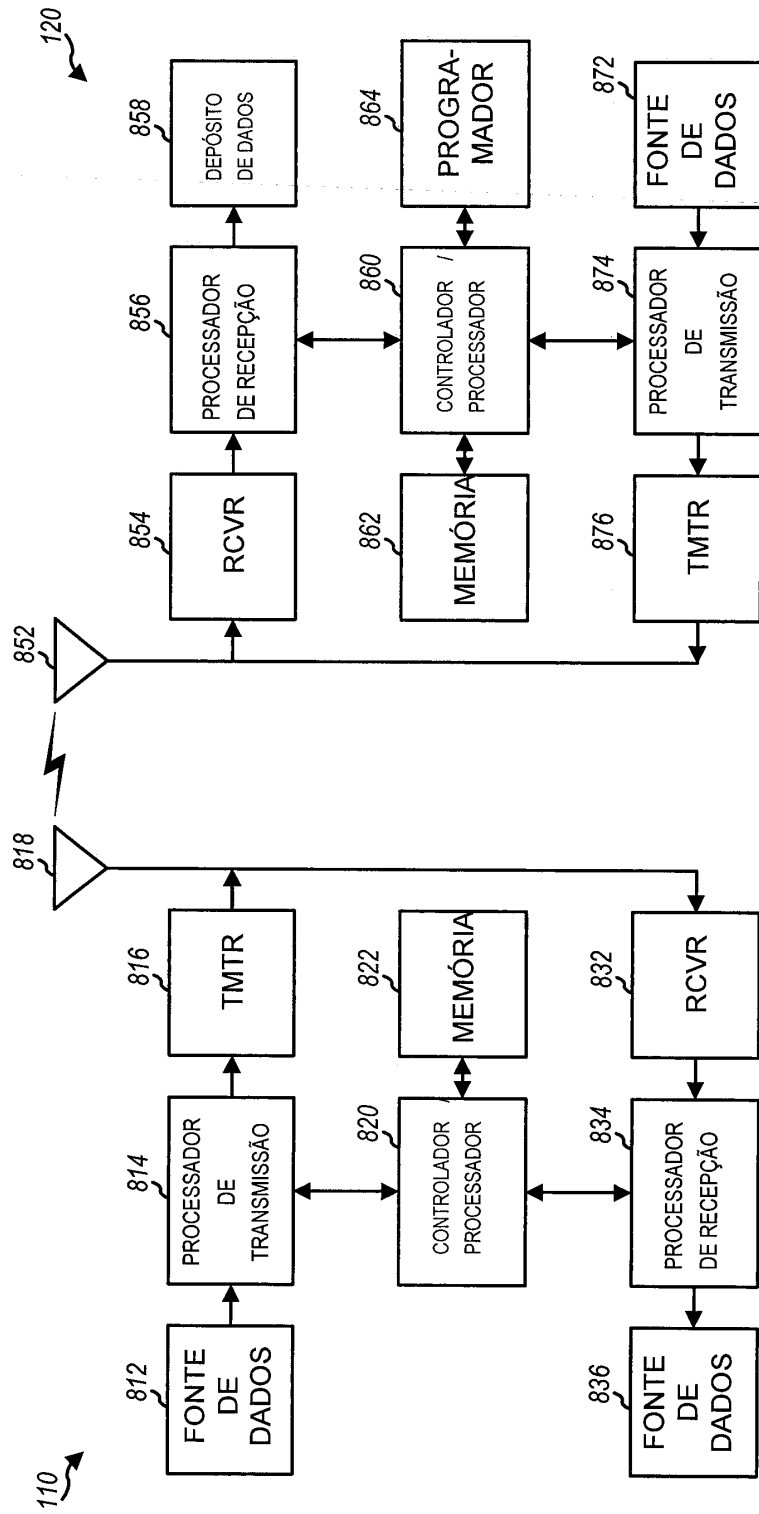


FIG. 8