



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

(11) PI 0208835-5 B1

(22) Data do Depósito: 11/04/2002

(45) Data de Concessão: 10/05/2016
(RPI 2366)



(54) Título: MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA PROGRAMAR TRANSMISSÕES EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÕES SEM FIO

(51) Int.Cl.: H04Q 7/38

(30) Prioridade Unionista: 10/10/2001 US 09/974,933, 12/04/2001 US 60/283,885

(73) Titular(es): QUALCOMM INCOPORATED

(72) Inventor(es): RAJESH K. PANKAJ

"MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA PROGRAMAR TRANSMISSÕES EM UM
SISTEMA DE COMUNICAÇÕES SEM FIO".

**Reivindicação de Prioridade de acordo com o parágrafo 120
da U.S.C. 35**

5 O presente pedido de patente reivindica a
prioridade do pedido provisório norte-americano No.
60/283,885, depositado a 12 de abril de 2001, cedido ao
cessionário do presente pedido e expressamente incorporado
à guisa de referência no presente relatório.

10 **Referência a Pedidos Copendentes Relacionados**

O presente pedido de patente está relacionado com
o pedido norte-americano No. 09/796,583, depositado a 27 de
fevereiro de 2001, intitulado "SYSTEM FOR ALLOCATING
RESOURCES IN A COMMUNICATIONS SYSTEM", cedido ao
15 cessionário do presente pedido e expressamente incorporado
à guisa de referência no presente relatório.

FUNDAMENTOS

Campo

A presente invenção refere-se de maneira geral a
20 comunicações e, mais especificamente, a um método e um
equipamento para programar transmissões em um sistema de
comunicação.

Fundamentos

Sistemas de comunicação e sistemas sem fio,
25 especificamente, são projetados com o objetivo de obter-se
alocação eficaz de recursos entre diversos usuários.
Sistemas sem fio, especificamente, visam a prover recursos
suficientes para atender às exigências de todos os
assinantes ao mesmo tempo em que reduzem ao mínimo os
30 custos. Diversos algoritmos de programação têm sido
desenvolvidos, cada um deles baseado em um critério
sistêmico predeterminado.

Em um sistema de comunicação sem fio que emprega um esquema de Acesso Múltiplo por Divisão de Código, CDMA, um método de programação atribui a cada uma das unidades de assinante todos os canais de código a intervalos de tempo designados em uma base multiplexada no tempo. Um nó de comunicação central, como, por exemplo, uma Estação Base, BS, implementa a frequência portadora ou código de canal únicos associados ao assinante, de modo a habilitar comunicação exclusiva com o assinante. Esquemas TDMA podem ser também implementados em sistemas de linha terrestre que empregam comutação de relé de contato físico ou comutação por pacotes. Um sistema CDMA pode ser projetado de modo a suportar um ou mais padrões, tais como: (1) o "TIA/EIA/IS-95-B Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System", denominado no presente relatório padrão IS-95; (2) o padrão oferecido por um consórcio denominado "3rd Generation Partnership Project", denominado no presente relatório 3GPP; e incorporado em um conjunto de documentos que inclui os Documentos Nos. 3G Ts 25.211, 3G TS 25.212, 3G TS 25.213 e 3G TS 25.214, 3G TS 25.302, denominado no presente relatório padrão W-CDMA; (3) o padrão oferecido por um consórcio denominado "3rd Generation Partnership Project 2", denominado no presente relatório 3GPP2 e o TR-45.5, referido no presente relatório como padrão cdma2000, anteriormente chamado IS-2000 MC, ou (4) algum outro padrão sem fio.

Em um sistema de comunicação, e um sistema sem fio em particular, os usuários são tipicamente atribuídos a classes, em que cada classe tem um critério de desempenho associado para o sistema. Por exemplo, cada classe pode ser tratada diferentemente com relação a um critério de justiça, em que cada usuário em uma classe é tratado de

maneira semelhante. As classes podem ser tratadas de acordo com a prioridade de cada classe. Em um sistema, os usuários são classificados de acordo com os serviços usados no sistema, como, por exemplo, de acordo com um plano de
 5 serviços. Várias classes podem estar presentes dentro de um sistema de comunicação.

Por conseguinte, há necessidade de um método e um equipamento para programar transmissões em um sistema de comunicação com aplicação a várias classes de usuários.
 10 Além disto, há necessidade de um método e um equipamento de programação que acomodem diversas prioridades de programação diferentes.

SUMÁRIO

As modalidades apresentadas neste relatório
 15 atendem às necessidades acima referidas pela apresentação de um dispositivo para programar transmissões de dados em um sistema de comunicação sem fio. Um programador generalizado permite a programação de várias estações móveis, em que cada estação móvel pode ter um parâmetro de
 20 prioridade de entrega diferente. O parâmetro de prioridade de entrega define o parâmetro empregado para afetar a taxa de transmissão de dados desejada. Por exemplo, um parâmetro de prioridade de entrega pode ser o rendimento desejado, a atribuição de tempo desejada, o retardo de tempo desejado,
 25 etc. Os valores dos parâmetros de prioridade de entrega são individualmente mapeados em uma escala comum, referida como parâmetro de prioridade mapeado. Um ponto de operação é então selecionado e os valores dos parâmetros de prioridade mapeados correspondentes para cada usuário móvel extraídos.
 30 O programador generalizado em seguida programa usuários móveis por meio de um valor de parâmetro de prioridade mapeado comum. Em outras palavras, cada usuário é

programado para obter uma mesma proporção dentro da faixa de parâmetros de prioridade de entrega correspondente.

De acordo com um aspecto, em um sistema de comunicação sem fio, um método de programação inclui
5 receber indicadores de condição de canal de uma pluralidade de usuários móveis, em que os indicadores de condição de canal correspondem a comunicações de link direto, determinar um indicador de justiça como uma função do rendimento para a pluralidade de usuários móveis e
10 determinar um programa de transmissão para a pluralidade de usuários móveis, em que o programa de transmissão é uma função dos indicadores de condição de canal e dos indicadores de justiça.

Sob outro aspecto, um programa concretizado em um
15 meio legível por computador, que contém instruções executáveis por computador, inclui um primeiro conjunto de instruções para processamento de indicadores de canal recebidas de uma pluralidade de usuários móveis, um segundo conjunto de instruções para determinar um indicador de
20 justiça como uma função do rendimento para a pluralidade de usuários móveis e um terceiro conjunto de instruções para determinar um programa de transmissão para a pluralidade de usuários como uma função dos indicadores de condição de canal para a pluralidade de usuários como uma função dos
25 indicadores de condição de canal e dos indicadores de justiça.

Sob ainda outro aspecto, um método para transmitir dados entre uma estação remota de uma pluralidade de estações remotas e uma estação base em um
30 sistema de comunicação sem fio inclui receber, na estação base, informações transmitidas pela estação remota e ajustar pelo menos um grau de parâmetros de serviço específico para a estação remota com base nas informações.

Sob ainda outro aspecto, um método para programar transmissões de dados em um sistema de comunicação sem fio inclui receber um valor para um parâmetro de prioridade de entrega de cada um de uma pluralidade de usuários móveis, se qualquer um dos parâmetros de prioridade de entrega for de tipo diferente, mapear cada parâmetro de prioridade de entrega conforme um parâmetro de prioridade mapeado e determinar um ponto de operação com base nos parâmetros de prioridade mapeados da pluralidade de usuários móveis.

De acordo com outro aspecto, um equipamento em um sistema de comunicação sem fio inclui um elemento de processamento e um elemento de armazenamento em memória acoplado ao elemento de processamento, o elemento de armazenamento em memória adaptado para armazenar instruções legíveis por computador para implementar: receber um parâmetro de prioridade de entrega de cada um de uma pluralidade de usuários móveis, mapear cada parâmetro de prioridade de entrega de acordo com um parâmetro de prioridade mapeado e determinar um ponto de operação com base nos parâmetros de prioridade mapeados de cada um da pluralidade de usuários móveis.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

As características, objetos e vantagens do método e do equipamento apresentados neste relatório se tornarão mais evidentes com a descrição detalhada apresentada a seguir tomada em conjunto com os desenhos, nos quais as mesmas referências indicam as mesmas partes e nos quais:

- a figura 1A é um sistema de comunicação sem fio;
- a figura 1B é um sistema de comunicação sem fio que suporta transmissões a altas taxas de dados;
- a figura 2 é um fluxograma de um Grau de Serviço, GOS, e do algoritmo para programar transmissões de dados em um sistema de comunicação sem fio;

a figura 3 é um fluxograma de um algoritmo de programação para transmissões de dados em um sistema de comunicação sem fio;

as figuras 4A e 4B são fluxogramas de um
5 algoritmo proporcional-justo para programar transmissões de dados em um sistema de comunicação sem fio;

a figura 5 é um fluxograma de um algoritmo de programação de combinação que implementa um algoritmo proporcional-justo e um algoritmo GOS em um sistema de
10 comunicação sem fio;

a figura 6 é um fluxograma de um programador generalizado para um sistema de comunicação sem fio;

a figura 7 é um sistema de comunicação sem fio que suporta um algoritmo de programação de combinação, como
15 o ilustrado nas figuras 5 e 6; e

a figura 8 é um fluxograma de um algoritmo de programação para um sistema de comunicação sem fio.

A figura 9A ilustra um mapeamento de diversas faixas de parâmetros de prioridade de entrega de acordo com
20 uma faixa de parâmetros de prioridade mapeados comum.

As figuras 9B, 9C e 9D ilustram a determinação de diversos pontos de operação através de vários parâmetros de prioridade mapeados.

A figura 10 ilustra um fluxograma de um
25 programador generalizado.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Um sistema de comunicação atual é necessário para suportar diversas aplicações. Um sistema de comunicação que tal é um sistema de acesso múltiplo por divisão de código
30 (CDMA) que se conforma ao "TIA/EIA/IS-95-B Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System" e à sua geração, daqui por diante referidos como IS-95. O sistema CDMA proporciona

comunicações de voz e dados entre usuários através de um link terrestre. O emprego de técnicas CDMA em um sistema de comunicação de acesso múltiplo é apresentado na patente norte-americana No. 4,901,307, intitulada "SPREAD SPECTRUM
5 MULTIPLE ACCESS COMMUNICATION SYSTEM USING SATELLITE OR TERRESTRIAL REPEATERS" e na patente norte-americana No. 5,103,459, intitulada "SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING WAVEFORMS IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM", ambas cedidas ao cessionário da presente invenção e incorporadas
10 à guisa de referência no presente relatório.

Em um sistema CDMA, as comunicações entre os usuários são efetuadas através de um ou mais estações base. Em sistemas de comunicação sem fio, o link direto refere-se ao canal através do qual os sinais se deslocam de uma
15 estação base até uma estação de assinante, e o link reverso refere-se ao canal através do qual os sinais se deslocam de uma estação de assinante até uma estação base. Pela transmissão de dados em um link reverso para uma estação base, um primeiro usuário em uma estação de assinante
20 comunica-se com um segundo usuário em uma segunda estação de assinante. A estação base recebe os dados da primeira estação de assinante e roteia os dados para uma estação base que serve à segunda estação de assinante. Dependendo da localização das estações de assinante, ambas podem ser
25 servidas por uma única estação base ou várias estações base. De qualquer maneira, a estação base que serve à segunda estação de assinante envia os dados no link direto. Em lugar de comunicar-se com uma segunda estação de assinante, uma estação de assinante pode comunicar-se
30 também com uma Internet terrestre através de uma conexão com uma estação base servidora. Em comunicações sem fio, tais como as que se conformam ao IS-95, os sinais de link

direto e link reverso são transmitidos dentro de bandas de frequência desarticuladas.

A figura 1A serve como exemplo de um sistema de comunicação, 100, que suporta um número de usuários e é capaz de implementar pelo menos alguns aspectos e modalidades da invenção. Qualquer um de diversos algoritmos e métodos pode ser empregado para programar transmissões no sistema 100. O sistema 100 proporciona comunicação para um número de células, de 102A a 102G, cada uma das quais é servida por uma estação de base correspondente, de 104A a 104G, respectivamente. Na modalidade exemplar, algumas das estações base 104 têm múltiplas antenas de recepção e outras têm apenas uma antena de recepção. De maneira semelhante, algumas das estações base 104 têm múltiplas antenas de transmissão, e outras têm antenas de transmissão única. Não há restrições às combinações de antenas de transmissão e antenas de recepção. Portanto, é possível que uma estação base 104 tenha múltiplas antenas de transmissão e uma única antena de recepção, ou tenha múltiplas antenas de recepção e uma única antena de transmissão, ou tenha tanto uma única ou múltiplas antenas de transmissão quanto uma única ou múltiplas antenas de recepção.

Os terminais 106 na área de cobertura podem ser fixos (isto é, estacionários) ou móveis. Conforme mostrado na figura 1A, diversos terminais 106 são dispersados por todo o sistema. Cada terminal 106 comunica-se com pelo menos uma e, possivelmente, com mais estações bases 104 no downlink e no uplink em qualquer dado momento, dependendo, por exemplo, de um soft handoff ser ou não empregado ou de o terminal ser ou não projetado e acionado para (concomitante ou sequencialmente) receber múltiplas transmissões de múltiplas estações base. O soft handoff em sistema de comunicação CDMA é notoriamente conhecido na

técnica e é descrito em detalhe na patente norte-americana No. 5,101,501, intitulada "Method and System for Providing a Soft Handoff in a CDMA Cellular Telephone System", que é cedida ao cessionário da presente invenção.

5 O downlink refere-se à transmissão da estação base para o terminal, e o uplink refere-se à transmissão do terminal para a estação base. Na modalidade exemplar, alguns dos terminais 106 têm múltiplas antenas de recepção e outros têm apenas uma antena de recepção. Na figura 1A, a
10 estação base 104A transmite dados para os terminais 106A e 106J no downlink, a estação de base 104B transmite dados para os terminais 106B e 106J, a estação base 104C transmite dados para o terminal 106C e assim por diante.

A procura crescente pela transmissão de dados sem
15 fio e a expansão dos serviços disponíveis por meio da tecnologia de comunicação sem fio levaram ao desenvolvimento de serviços de dados específicos. Um serviço é referido como de Alta Taxa de Dados (HDR). Um serviço HDR exemplar é proposto na "EIA/TIA-IS856 cdma2000
20 High Rate Packet Data Air Interface Specification", denominada "especificação HDR". O serviço HDR é geralmente uma cobertura para um sistema de comunicação de voz que proporciona um método eficaz de transmissão de pacotes de dados em um sistema de comunicação sem fio. Na medida em
25 que a quantidade de dados transmitidos e o número de transmissões aumentam, a largura de banda limitada existente para radiotransmissões torna-se um recurso essencial. Há necessidade, portanto, de um método eficaz e justo para programar transmissões em um sistema de
30 comunicação que otimize o uso da largura de banda existente. Na modalidade exemplar, o sistema 100 mostrado na figura 1A é compatível com um sistema do tipo CDMA com serviço HDR.

A figura 1B ilustra um modelo de referência de arquitetura para um sistema de comunicação, 120, que tem uma Rede de Acesso, AN (Access Network), 122, que se comunica com um Terminal de Acesso, AT (Access Terminal), 126, por meio de uma interface aérea, 124. Em uma modalidade, o sistema 100 é um sistema de Acesso Múltiplo por Divisão de Código, CDMA, que tem um sistema de cobertura de Alta Taxa de Dados, HDR, como o padrão HDR especificado. A AN 122 comunica-se com o AT 126, assim como com quaisquer outros ATs dentro do sistema 120 (não mostrado) por meio da interface aérea 124. A AN 122 inclui vários setores, em que cada setor apresenta pelo menos um Canal. Um Canal é definido como o conjunto de links de comunicação para transmissões entre a AN 122 e os ATs dentro de uma dada atribuição de frequência. Um Canal consiste em um Link Direto (FL - Forward Link) para transmissões da AN 122 para o AT 126 e um Link Reverso (RL - Reverse Link) para transmissões do AT 126 para a AN 122.

Para transmissões de dados, a AN 122 recebe uma solicitação de dados do AT 126. A solicitação de dados especifica a taxa de dados à qual os dados serão enviados, a extensão do pacote de dados transmitido e o setor do qual os dados serão enviados. O AT 126 determina a taxa de dados com base na qualidade do Canal entre a AN 122 e o AT 126. Em uma modalidade, a qualidade do Canal é determinada pela relação Portadora/Interferência, C/I (Carrier-to-Interference). Modalidades alternativas podem empregar outros critérios correspondentes à qualidade do Canal. O AT 126 fornece solicitações de transmissão de dados enviando uma mensagem de Controle de Taxa de Dados, DRC, por meio de um canal específico denominado canal DRC. A mensagem DRC inclui uma parte de taxa de dados e uma parte de setor. A parte de taxa de dados indica a taxa de dados solicitada

para que a AN 122 envie os dados, e o setor indica o setor do qual a AN 122 enviará os dados. Tanto as informações referentes à taxa de dados quanto as informações sobre setor são tipicamente necessárias para processar uma
5 transmissão de dados. A parte de taxa de dados é denominada valor DRC e a parte de setor é denominada cobertura DRC. O valor DRC é uma mensagem enviada à AN 122 por meio da interface aérea 124. Em uma modalidade, cada valor DRC corresponde a uma taxa de dados em kbits/seg que tem uma
10 extensão de pacote associado de acordo com uma atribuição de valor DRC predeterminado. A atribuição inclui um valor DRC que especifica uma taxa de dados nula. Na prática, a taxa de dados nula indica à AN 122 que o AT 126 não é capaz de receber dados. Em uma situação, por exemplo, a qualidade
15 do Canal é insuficiente para que o AT 126 receba dados de maneira precisa.

Em funcionamento, o AT 126 monitora continuamente a qualidade do Canal de modo a calcular uma taxa de dados à qual o AT 126 é capaz de receber a transmissão de pacote de
20 dados seguinte. O AT 126 gera então um valor DRC correspondente; o valor DRC é transmitido à AN 122 com a finalidade de solicitar uma transmissão de dados. Note-se que, tipicamente, as transmissões de dados são particionadas em pacotes. O tempo necessário para a
25 transmissão de um pacote de dados é uma função da taxa de dados aplicada.

Este sinal DRC também fornece as informações, que o programador de canal usa para determinar a taxa instantânea para consumir informações (ou receber dados
30 transmitidos) para cada uma das estações remotas associadas a cada fila. De acordo com uma modalidade, um sinal DRC transmitido de qualquer estação remota indica que a estação remota é capaz de receber dados a qualquer uma de várias

taxas de dados efetivas. Tal sistema de transmissão de taxa variável é descrito em detalhe na patente norte-americana No. 6,064,678, intitulada "Method for Assigning Optimal Packet Lengths in a Variable Rate Communication System",
5 emitida a 16 de maior de 2000, cedida ao cessionário da presente invenção e incorporada à guisa de referência no presente relatório.

Um exemplo de sistema de comunicação que suporta transmissões HDR e adaptado para programar transmissões a
10 vários usuários é ilustrado na figura 7. É detalhada a seguir a figura 7, na qual, especificamente, uma estação base, 820, e um controlador de estação base, 810, formam interface com uma interface de rede de pacotes, 806. O controlador de estação base 810 inclui um programador de
15 canais, 812, para implementar um algoritmo de programação para transmissões no sistema 800. O programador de canal 812 determina a duração de um intervalo de serviço durante o qual os dados serão transmitidos a qualquer estação remota específica com base na taxa instantânea associada da
20 estação remota para receber dados (conforme indicado no sinal DRC recebido mais recentemente). O intervalo de serviço pode não ser contíguo no tempo, mas pode ocorrer uma vez a cada n partições (slots). De acordo com uma modalidade, a primeira parte de um pacote é transmitida
25 durante uma primeira partição em um primeiro momento e a segunda parte é transmitida 4 partições depois em um momento subsequente. Além disto, quaisquer partes subsequentes do pacote são transmitidas em múltiplas partições que têm um espalhamento semelhante de 4
30 partições, isto é, afastadas 4 partições umas das outras. De acordo com uma modalidade, a taxa instantânea de recepção de dados R_i determina a duração de intervalo L_i associada a uma fila de dados específica.

Além disso, o programador de canal 812 seleciona a fila de dados específica para transmissão. A quantidade associada de dados a serem transmitidos é então recuperada de uma fila de dados, 830, e fornecida ao elemento de canal 5 826 para transmissão à estação remota associada com a fila de dados 830. Conforme discutido a seguir, o programador de canal 812 seleciona a fila para fornecer os dados, que são transmitidos em um intervalo de serviço seguinte por meio de informações que incluem o peso associado a cada uma das 10 filas. O peso associado à fila transmitida é então atualizado.

Note-se que pode ser possível para o usuário receber um pacote corretamente mesmo se apenas uma parte do pacote for transmitida. Isto ocorre quando a condição do 15 canal for melhor do que a antecipada pelo usuário. Nesse caso, o usuário pode enviar um sinal "ACK" (confirmação) à estação base, indicando que o pacote já foi corretamente recebido e que as partes restantes do pacote não precisam ser transmitidas. Quando isto acontece, todo o pacote de 20 dados é efetivamente transmitido ao usuário através de um intervalo de serviço mais curto, aumentando assim a taxa de dados efetiva à qual o pacote é transmitido. A estação base reatribui então as partições de tempo (time slots) que foram originariamente programadas de modo a transmitir as 25 partes restantes desse pacote com a finalidade de transmitir outro pacote ou ao mesmo usuário ou a outro usuário. Este processo é geralmente denominado como Solicitação de Repetição Automática (ARQ).

Em um sistema que suporta ARQ, um pacote de dados 30 é programado para um número predeterminado de transmissões, em que cada transmissão pode incluir informações diferentes. As múltiplas transmissões são interpostas com outros pacotes sequencialmente. Quando um receptor tiver

recebido informações suficientes para decodificar e processar o pacote, o receptor envia ao transmissor a indicação de que não são necessárias mais informações para o pacote atual. O transmissor está então livre para
5 programar as partições originariamente programadas para o pacote atual para outro pacote. Desta maneira, os recursos do sistema são conservados e o tempo de transmissão para o receptor é reduzido.

Um diagrama de blocos que ilustra os sub-sistemas
10 básicos de um sistema de comunicação de taxa variável exemplar é mostrado na figura 7. O controlador de estação base 810 faz interface com a interface de rede de pacotes 806, com a Rede Telefônica Comutada Pública, PSTN, 808, e com todas as estações base existentes no sistema de
15 comunicação (apenas uma estação base 820 é mostrada na figura 7 por razões de simplificação). O controlador de estação base 810 coordena a comunicação entre as estações remotas existentes no sistema de comunicação e outros usuários conectados à interface de rede de pacotes 806 e à
20 PSTN 808. A PSTN 808 faz interface com os usuários através de uma rede telefônica padrão (não mostrada na figura 7).

O controlador de estação base 810 contém muitos elementos seletores, 816, embora apenas um seja mostrado na figura 7 por razões de simplificação. Cada elemento seletor
25 816 é atribuído à comunicação de controle entre uma ou mais estações base 820 e uma estação remota (não mostrada). Se o elemento seletor 816 não tiver sido atribuído a uma dada estação remota, o processador de controle de chamadas 818 é informado da necessidade de alertar a estação remota. O
30 processador de controle de chamadas 818 em seguida direciona a estação base 820 no sentido de alertar a estação remota.

A fonte de dados 802 contém uma quantidade de dados que será transmitida a uma dada estação remota. A fonte de dados 802 fornece os dados à interface de rede de pacotes 806. A interface de rede de pacotes 806 recebe os dados e roteia os dados para o elemento seletor 816. O elemento seletor 816 em seguida transmite os dados para cada estação base 820 em comunicação com a estação remota alvo. Na modalidade exemplar, cada estação base 820 mantém uma fila de dados, 830, que armazena os dados a serem transmitidos à estação remota.

Os dados são transmitidos em pacotes de dados a partir da fila de dados 830 ao elemento de canal 826. Na modalidade exemplar, no link direto, um "pacote de dados" refere-se a uma quantidade de dados que é um máximo de 1024 bits e a uma quantidade de dados a serem transmitidos a uma estação remota de destino dentro de uma "partição de tempo" predeterminada (como, por exemplo, $\approx 1,667$ mseg). Para cada pacote de dados, o elemento de canal 826 insere os campos de controle necessários. Na modalidade exemplar, o elemento de canal 826 efetua uma Verificação de Redundância Cíclica, CRC, a codificação do pacote de dados e dos campos de controle e insere um conjunto de tail bits de código. O pacote de dados, os campos de controle, os bits de paridade CRC e os tail bits de código compreendem um pacote formatado. Na modalidade exemplar, o elemento de canal 826 codifica então o pacote formatado e intercala (ou reordena) os símbolos dentro do pacote codificado. Na modalidade exemplar, o pacote intercalado é coberto com um código Walsh e espalhado com os códigos PNI e PNQ curtos. Os dados espalhados são enviados à unidade de RF 828 que modula em quadratura, filtra e amplifica o sinal. O sinal de link direto é transmitido pelo ar, através de uma antena, ao link direto.

Na estação remota, o sinal de link direto é recebido por uma antena e roteado para um receptor. O receptor filtra, amplifica, demodula em quadratura e quantifica o sinal. O sinal digitalizado é enviado a um demodulador (DEMOD), onde é desespalhado com os códigos PNI e PNQ curtos e descobertos com a cobertura Walsh. Os dados demodulados são fornecidos a um decodificador, que executa o inverso das funções de processamento de sinais desempenhadas na estação base 820, especificamente as funções de deintercalação, decodificação e verificação CRC. Os dados decodificados são enviados a um depósito de dados.

O hardware, conforme assinalado acima, suporta transmissões, a taxas variáveis, de dados, troca de mensagens, voz, vídeo e demais comunicações através do link direto. A taxa dos dados transmitidos da fila de dados varia de modo a acomodar as alterações na intensidade de sinal e no ambiente de ruído na estação remota. Cada uma das estações remotas transmite de preferência um sinal de Controle de Taxa de Dados, DRC, a uma estação base 820 associada em cada partição de tempo. O sinal DRC fornece informações à estação base 820, que incluem a identidade da estação remota e a taxa à qual a estação remota receberá os dados de sua fila de dados associada. Por conseguinte, o conjunto de circuitos na estação remota mede a intensidade de sinal e avalia o ambiente de ruído na estação remota de modo a determinar as informações de taxa a serem transmitidas no sinal DRC.

O sinal DRC transmitido por cada estação remota viaja através de um canal de link reverso e é recebido na estação base 820 por uma antena de recepção acoplada à unidade de RF 828. Na modalidade exemplar, as informações DRC são demoduladas no elemento de canal 826 e fornecidas a um programador de canal 812 localizado no controlador de

estação base 810 ou a um programador de canal, 832, localizado na estação base 820. Em uma primeira modalidade exemplar, o programador de canal 832 é localizado na estação base 820. Em uma modalidade alternativa, o
5 programador de canal 812 é localizada no controlador de estação base 810 e é conectado a todos os elementos seletores 816 dentro do controlador de estação base 810.

Na modalidade exemplar mencionada primeiro, o programador de canal 832 recebe informações da fila de
10 dados 830 que indicam a quantidade de dados dispostos em fila para cada estação remota, também chamada tamanho de fila. O programador de canal 832 em seguida executa a programação com base nas informações DRC e no tamanho de fila para cada estação remota servida pela estação base
15 820. Se o tamanho de fila for necessário para um algoritmo de programação utilizado na modalidade alternativa, o programador de canal 812 pode receber informações referentes ao tamanho de fila do elemento seletor 816.

Durante a transmissão de um pacote a um ou mais
20 usuários, os usuários transmitem um sinal "ACK" após cada partição de tempo que contém uma parte do pacote transmitido. O sinal ACK transmitido por cada usuário viaja através de um canal de link reverso e é recebido na estação base 820 através de uma antena de recepção acoplada à
25 unidade de RF 828. Na modalidade exemplar, as informações ACK são demoduladas no elemento de canal 826 e fornecidas a um programador de canal 812 localizado no controlador de estação base 810 ou a um programador de canal 832 localizado na estação base 820. Em uma primeira modalidade
30 exemplar, o programador de canal 832 é localizado na estação base 820. Em uma modalidade alternativa, o programador de canal 812 é localizado no controlador de

estação base 810 e é conectado a todos os elementos seletores 816 dentro do controlador de estação base 810.

As modalidades da presente invenção são aplicáveis a outras arquiteturas de hardware que possam suportar transmissões a taxas variáveis. A presente invenção pode ser prontamente estendida de modo a cobrir transmissões a taxas variáveis no link reverso. Por exemplo, em lugar de determinar a taxa de recepção de dados na estação base 820 com base em um sinal DRC das estações remotas, a estação base 820 mede a intensidade do sinal recebido das estações remotas e avalia o ambiente de ruído de modo a determinar a taxa de recepção de dados oriundos da estação remota. A estação base 820 transmite então a cada estação remota associada a taxa à qual os dados serão transmitidos no link reverso da estação remota. A estação base 820 pode então programar transmissões no link reverso com base nas diferentes taxas de dados no link reverso de maneira semelhante à descrita no presente relatório para o link direto.

Além disso, uma estação base 820 da modalidade discutida acima transmite a uma estação remota selecionada, ou a estações remotas selecionadas, com a exclusão das estações remotas restantes associadas à estação base 820, por meio de um esquema de Acesso Múltiplo por Divisão de Código. A qualquer momento específico, a estação base 820 transmite a uma estação remota selecionada, ou a estações remotas selecionadas, que utilizam um código que é atribuído à(s) estação(ões) base 820. Entretanto, a presente invenção é também aplicável a outros sistemas que empregam diferentes métodos de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo, TDMA, para envio de dados à(s) estação(ões) base 820 selecionada(s), com a exclusão das demais estações base 820, para a alocação otimizada dos recursos de transmissão.

O programador de canal 812 programa as transmissões a taxas variáveis no link direto. O programador de canal 812 recebe o tamanho de fila, que indica a quantidade de dados a transmitir a uma estação remota, e mensagens das estações remotas. O programador de canal 812 programa, de preferência, transmissões de dados com a finalidade de atingir o objetivo do sistema de vazão de dados máxima ao mesmo tempo conformando-se a uma restrição justa.

10 Conforme mostrado na figura 1, as estações remotas são dispersadas por todo o sistema de comunicação e podem estar em comunicação com nenhuma ou uma estação base no link direto. Na modalidade exemplar, o programador de canal 812 coordena as transmissões de dados de link direto
15 através de todo o sistema de comunicação. Um método e um equipamento de programação para transmissão de dados de alta velocidade são descritos em detalhe na solicitação de patente norte-americano No. de Série 08/798,951, intitulado "Method and Apparatus for Forward Link Rate Scheduling",
20 depositado a 11 de fevereiro de 1997, cedido ao cessionário da presente invenção e expressamente incorporado à guisa de referência no presente relatório.

De acordo com uma modalidade, o programador de canal 812 é implementado em um sistema de computador, que
25 inclui um processador, uma Memória de Acesso Aleatório, RAM, e uma memória de programa para armazenar instruções a serem executadas pelo processador (não mostrado). O processador, a RAM e a memória de programa podem ser dedicados às funções do programador de canal 812. Em outras
30 modalidades, o processador, a RAM e a memória de programa podem ser parte de um recurso de computação compartilhado para desempenhar funções adicionais no controlador de estação base 810. Na modalidade exemplar, um programador

generalizado é aplicado ao sistema 800 mostrado na figura 7 e é detalhado a seguir. Os módulos dentro do BSC 810 e da BS 820 utilizados para implementar uma função de prioridade para programar transmissões de dados são discutidos após o
5 estabelecimento das características específicas do programador generalizado.

Dada a procura crescente por aplicações de dados sem fio, a procura por sistemas de comunicação de dados sem fio muito eficazes tem aumentado de maneira significativa.
10 O padrão IS-95 é capaz de transmitir dados de tráfego e dados de voz através dos links direto e reverso. De acordo com o padrão IS-95, os dados de tráfego ou de voz são particionados em quadros (frames) de canal de código que são de 20 milissegundos de largura com taxas de dados tão
15 elevadas quanto 14,4 kbps. Em um sistema IS-95, para cada estação de assinante é alocado pelo menos um de um número limitado de canais de link direto ortogonais. Embora a comunicação entre uma estação base e uma estação de assinante esteja em andamento, o canal de link direto
20 permanece alocado à estação de assinante. Quando serviços de dados são fornecidos em um sistema IS-95, um canal de link direto permanece alocado a uma estação de assinante mesmo durante os momentos em que não há dados de link direto a serem enviados à estação de assinante.

25 Uma diferença significativa entre serviços de voz e serviços de dados é o fato de que os primeiros impõem exigências de retardo rigorosas e fixas. Tipicamente, o retardo unidirecional total de quadros de fala é especificado de modo a ser de menos de 100 milissegundos.
30 Em contraste, o retardo de dados pode tornar-se um parâmetro variável utilizado para otimizar a eficiência do sistema de comunicação de dados.

Outra diferença significativa entre serviços de voz e serviços de dados é que os primeiros exigem um grau de serviço (GOS) fixo e comum para todos os usuários. Tipicamente, para sistemas digitais que prestam serviços de voz, isto se traduz em uma taxa de transmissão fixa e igual para todos os usuários e um valor máximo tolerável para as taxas de erro dos quadros de fala. Em contraste, para serviços de dados, o GOS pode ser diferente de usuário para usuário e pode ser um parâmetro otimizado para aumentar a eficiência total do sistema de comunicação de dados. O GOS de um sistema de comunicação de dados é tipicamente definido como o retardo total em que se incorreu na transferência de uma quantidade predeterminada de dados, daqui por diante denominada pacote de dados.

Ainda outra diferença significativa entre serviços de voz e serviços de dados é que os primeiros exigem um link de comunicação confiável, o qual, no sistema de comunicação CDMA exemplar, é proporcionado por soft handoff. O soft handoff resulta em transmissões redundantes de duas ou mais estações base, para melhorar confiabilidade. Entretanto, esta confiabilidade adicional não é necessária para transmissão de dados pois os pacotes de dados recebidos incorretamente podem ser retransmitidos. Para os serviços de dados, a potência de transmissão utilizada para suportar soft handoff pode ser utilizada mais eficazmente na transmissão de dados adicionais.

O retardo de transmissão necessário para transferir um pacote de dados e a taxa da capacidade de transmissão (rendimento - throughput) média são dois atributos utilizados na definição da qualidade e eficácia de um sistema de comunicação de dados. O retardo de transmissão não tem o mesmo impacto na comunicação de dados que tem na comunicação de voz, mas é um critério

importante para medir a qualidade do sistema de comunicação de dados. A taxa de rendimento média é uma medida da eficácia da capacidade de transmissão de dados do sistema de comunicação. Há necessidade na técnica de sistemas de comunicação que apresentem melhor rendimento de dados ao mesmo tempo em que apresentem um GOS apropriado para os tipos de serviços que são prestados através de um canal sem fio.

A necessidade de um programador generalizado é baseada nas exigências e objetivos da transmissão de dados em um sistema sem fio. Para transmissões de dados, rendimento é definido em termos dos retardos em que se incorreu na transmissão dos pacotes de dados, e não em termos de bits ou bytes individuais. Um pacote de dados, como, por exemplo, um datagrama de Protocolo Internet, IP, é uma unidade indivisível uma vez que, na maioria dos casos, o recebimento de apenas uma parte de um pacote não contém informações suficientes para que o usuário decodifique e use o pacote inteiro, isto é, o pacote é inútil para o usuário final. O usuário final recebe o pacote de dados, efetua uma Verificação de Redundância Cíclica, CRC, no pacote de dados e processa os dados. Portanto, o usuário está mais preocupado com a hora de chegada do último bit de um pacote e não está tão preocupado com o retardo de bits individuais no pacote de dados. Isto permite flexibilidade considerável nas alocações de taxas a diferentes usuários através de escalas de tempo menores que o tempo de transmissão de um pacote de dados. Além disto, em uma conexão do tipo de Protocolo de Controle de Transmissão, alguma variação nos retardos dos pacotes é aceitável desde que a variação não seja tão imprevisível que provoque retransmissões TCP desnecessariamente.

Outra característica do canal sem fio é a variabilidade do canal propriamente dito. Em um sistema do tipo HDR, esta variabilidade resulta em variações da taxa solicitada ao longo de um período de tempo. Para maximizar o uso do canal, o programador é projetado para servir a usuários de taxas elevadas, isto é, usuários que solicitam as taxas de dados mais elevadas. Isto significa que ocasionalmente os usuários podem não ser servidos durante períodos de tempo quando suas taxas solicitadas forem baixas. O rendimento total será maximizado quando o programador não servir a usuários de taxas baixas durante longos períodos de tempo. Entretanto, idealmente o programador contrabalança o desejo de que os retardos de pacotes e as variações de retardo sejam relativamente consistentes, conforme explicado acima.

Outro aspecto considera a equidade (justiça - fairness) para os vários usuários em um sistema. De modo a obter um método de programação justo, idealmente o programador distribui o rendimento total entre diferentes usuários. Diferentes bases justas (ou injustiça permissível) são utilizadas por diferentes sistemas com a finalidade de afetar as necessidades dos sistemas individuais. O conceito de justiça é um conceito chave em muitos algoritmos de programação. A justiça proporciona quantidades diferentes de flexibilidade no serviço prestado a diferentes usuários e tem, conseqüentemente, um impacto sobre o rendimento total de um setor.

De acordo com uma modalidade, um método e um equipamento para programar transmissões em um sistema de comunicação com aplicação a várias classes de usuários incorporam um programador generalizado. O programador generalizado acomoda diversas prioridades de programação diferentes. Diferentes classes de usuários, cada uma delas

tendo exigências de transmissão específicas, são servidas por um programador generalizado, que mantém um rendimento elevado através de todos os usuários.

Em uma modalidade exemplar, o funcionamento de um programador generalizado implementa uma função de prioridade de uma métrica de condição de canal e uma métrica de justiça, em que a função de prioridade é definida como:

$$f(A_i(t), U_i(t)), \quad (1)$$

onde $A_i(t)$ é denominada métrica de condição de canal e $U_i(t)$ é denominada métrica de justiça do usuário. A função $A_i(t)$ especifica o desejo de servir ao usuário i no momento t com base em uma condição de canal atual. A função $U_i(t)$ especifica o desejo de servir ao usuário i no momento t com base na história passada do serviço recebido. A função de prioridade $f()$ combina as duas métricas de desejo, $A_i(t)$ e $U_i(t)$, na determinação de um nível de prioridade para cada usuário.

Com referência à figura 9A, em uma modalidade exemplar, vários usuários têm, individualmente, um critério desejado para receber transmissões de uma mesma estação base. A escala utilizada para medir os critérios é denominada aqui de Parâmetro de Prioridade de Entrega (DPP), em que o DPP reflete a prioridade desejada de cada usuário. Por exemplo, um primeiro usuário pode desejar receber transmissões para uma atribuição de tempo especificada, enquanto um segundo usuário pode desejar receber transmissões de um rendimento especificado. Ainda um terceiro usuário pode desejar receber transmissões com um retardo especificado. O DPP do primeiro usuário reflete uma escala de tempo; o DPP do segundo usuário reflete uma escala de bits por segundo (bps), enquanto o DPP do terceiro usuário reflete uma escala de retardo de tempo. O

DPP de cada usuário identifica o valor específico dos critérios desejados para receber transmissões.

Os DPPs dos vários usuários são mapeados conforme uma escala comum. A escala comum é uma representação sem unidades, proporcional, da faixa de valores dentro de um DPP. Conforme ilustrado na figura 9A, cada um dos DPPs pode ter uma faixa diferente de valores, em que cada uma das faixas de DPP diferentes é mapeada a uma escala comum. O mapeamento do valor real de um usuário específico dentro de uma faixa de DPP é denominado aqui Parâmetro de Prioridade Mapeado (MPP).

A figura 9B ilustra um primeiro cenário de mapeamento de DPP para MPP, no qual três tipos diferentes de DPP são rotulados A, B e C. O eixo geométrico horizontal representa as faixas de DPP para cada um dos três tipos. O eixo geométrico vertical representa faixas MPP de valores. Para se ter clareza de entendimento, na figura 9B o tipo A de DPP representa um parâmetro de rendimento medido em bits por segundo; o tipo B de DPP representa um parâmetro de proporção de tempo medido como uma razão sem unidade de tempo alocada para um usuário como uma proporção do tempo total alocado para todos os usuários; e o tipo C de DPP representa uma proporção do retardo de tempo medida como uma razão sem unidade. As modalidades alternativas podem implementar adicionalmente qualquer tipo de DPP específico de um dado sistema; as modalidades alternativas podem incluir unidades de tempo real em lugar dos valores proporcionais descritos nos exemplos apresentados aqui. A faixa de valores para um dado DPP é fornecida através de uma faixa predeterminada. Por exemplo, a faixa de valores para o tipo A de DPP é de 0 bps até um valor máximo suportado pelo sistema. De maneira semelhante, a faixa de valores para o tipo B de DPP é de a partir de 0, em que o

usuário não recebe transmissões, até um máximo predeterminado, em que o usuário recebe todo o tempo de transmissão. A faixa de valores para o tipo C de DPP é de nenhum retardo até um retardo máximo.

5 O tipo A é uma função crescente, na qual $MPP=1$ corresponde a um valor máximo e $MPP=0$ corresponde a um valor mínimo. O tipo B é também uma função crescente, na qual $MPP=1$ corresponde a um valor máximo e $MPP=0$ corresponde a um valor mínima. Note-se que o tipo C é uma
10 função decrescente, na qual $MPP=1$ corresponde à ausência de retardo e $MPP=0$ corresponde a um retardo máximo. A faixa de MPPs reflete os valores de mínimo a máximo dos DPPs. Em outras palavras, a faixa de MPPs une as faixas de DPPs. Mapeamentos alternativos podem ser incorporados de modo a
15 obter uma base comum de avaliação para os diversos DPPs. Continuando com a figura 9B, um ponto de operação é selecionado dentro da faixa de MPPs de 1 a 0. O ponto de operação reflete os recursos existentes para satisfazer cada um dos usuários, conforme refletido nas faixas de
20 DPPs. O ponto de operação define o valor exato de cada DPP dentro da faixa apresentada. Por exemplo, o ponto de operação define um valor de d_3 para o tipo A, um valor de d_2 para o tipo B e um valor de d_1 para o tipo C. Estes serão os pontos de operação para os usuários individuais
25 que têm estes DPPs. Os valores d_1 , d_2 e d_3 são valores específicos dentro de cada uma das faixas que são interpretadas à luz das unidades do DPP correspondente. O valor d_1 é interpretado em bps; o valor d_2 é interpretado como uma proporção do tempo; e o valor d_3 é interpretado
30 como uma proporção do retardo.

A figura 9C ilustra o mesmo mapeamento de DPP conforme MPP, no qual um ponto de operação diferente é selecionado. Os DPPs de tipo B e de tipo C resultam em um

valor d4 comum e o tipo A resulta em um valor d5 distinto. A figura 9D ilustra um mapeamento alternativo de DPP em MPP. Aqui a função resultante é uma função decrescente, mas a função não é linear. O ponto de operação define um valor
 5 de DPP d6.

A figura 10 ilustra um fluxograma de um método programador generalizado, 1200, de acordo com uma modalidade. Na etapa 1202, o programador generalizado recebe informações do tipo DPP de cada um de N usuários. As
 10 informações do tipo DPP fornecem ao programador generalizado informações para determinar um ponto de operação entre os N usuários. No losango de decisão 1204, o programador generalizado determina se todos os valores de DPP são iguais para todos os pares de usuários, isto é, o
 15 valor absoluto sem considerar unidades. Se todos os pares DPP tiverem valores iguais, o processamento continua até a etapa 1212, de modo a aplicar o programador generalizado definido pela Equação (1) acima. Se os valores DPP não forem todos iguais, o processamento continua até a etapa
 20 1206, de modo a se mapear cada faixa de DPPs conforme uma faixa de MPPs correspondente, como a ilustrada nas figuras 9A - 9D. Na etapa 1208, o programador generalizado determina um ponto de operação suportado pelos recursos disponíveis para cada um dos usuários. Na etapa 1210, o
 25 processo aplica o ponto de operação a cada um dos usuários, determinando o valor DPP exato para funcionamento contínuo. O processamento continua então até a etapa 1212, de modo a aplicar o algoritmo de programação generalizado definido pela Equação (1) acima. Desta maneira, o programador
 30 generalizado aplica um ponto de operação MPP comum a cada usuário sem consideração dos DPPs individuais. Uma vez selecionado o ponto de operação MPP, o programador generalizado extrapola de volta ao valor DPP exato dentro

de cada faixa de DPPs. Os usuários podem, portanto, solicitar, cada um deles, um parâmetro de prioridade diferente, em que o programador generalizado aplica uma escala comum à programação.

5 De acordo com a modalidade exemplar, um programador generalizado serve o usuário com a função de prioridade mais elevada $f(A_i(t), U_i(t))$ dentro de uma dada classe ou tipo de usuários. Na modalidade exemplar, o valor tomado pela função de prioridade $f(A_i(t), U_i(t))$ aumenta à medida que a função de condição de canal $A_i(t)$ aumenta e diminui à medida que a função justa $U_i(t)$ aumenta. As funções $A_i(t)$ e $U_i(t)$ são determinadas de acordo. Além disto, a função de prioridade $f()$ é uma função de pelo menos um período de tempo através do qual a métrica de condição de canal e a métrica de justiça de usuário são medidas. Em uma modalidade alternativa, a função de prioridade $f()$ pode ser uma função por usuário dependente do tempo. Entretanto, por simplificação, é melhor persistir com uma função de combinador que seja comum a todos os usuários e modificar a métrica de justiça de usuário de modo a refletir as exigências do usuário. Além disto, por razões de clareza de abordagem, considere-se a função de prioridade como uma operação de divisão.

A métrica de condição de canal tira vantagem das variações na condição de canal. Conforme discutido a seguir, esta métrica pode ser definida como DRC , $DRC/DRCave$, $DRC - DRCave$, ou como um valor constante. De modo a maximizar os ganhos a partir da diversidade de multi-usuários, a métrica de qualidade de canal selecionada deve ter valores mais elevados quando a condição de canal for melhor com relação à condição média para esse usuário. Por razões de clareza de abordagem, a modalidade exemplar considera $DRC/DRCave$ como a métrica de condição de canal.

De importância particular é a definição de *DRCave*. A divisão proporcional deve ser feita através de uma constante de tempo de condição de canal, T_c . Desta maneira, espera-se que a métrica de condição de canal se altere com o DRC através de uma escala de tempo inferior a T_c . As alterações no valor de DRC que ocorrem através de escalas de tempo maiores que T_c são consideradas de longo prazo e afetam igualmente tanto o numerador quanto o denominador da métrica de condição de canal e, portanto, anulam-se entre si. O valor de T_c é selecionado olhando-se para as dinâmicas de canal. Se as dinâmicas de canal são tais que os valores DRC se alteram de maneira significativa através de escalas de tempo de duração, digamos, T_1 , então a constante de tempo T_c deve ser superior a T_1 . Note-se que a métrica de condição de canal deve usar a constante de tempo maior que é permitida pelas exigências do usuário.

De acordo com a modalidade exemplar, a métrica de justiça é efetivamente mantida constante por classe de usuários. Dadas a métrica de condição de canal selecionada e a tendência para a métrica de condição de canal para oscilar em torno de 1, o programador tenderá a servir a um usuário que tenha um valor de métrica de justiça de usuário baixo e não tenderá a servir ao usuário que tenha um valor de métrica de justiça de usuário elevado. Desta maneira, o programador generalizado é semelhante a um algoritmo que mantém a métrica de justiça de usuário constante, ao mesmo tempo tirando vantagem da diversidade de multi-usuários. Determinar uma métrica de justiça de usuário tal que cada estado mais desejado de usuário leve ao mesmo valor numérico da métrica de justiça de usuário permite que o sistema sirva a usuários com muitos tipos diferentes de exigência. Além disto, a inclinação em torno do ponto desejável de operação determinará como a capacidade

excedente ou o déficit de capacidade é distribuído entre diferentes usuários. A percepção interna chave quanto à programação para diferentes usuários é a de manter a métrica de justiça de usuário a um valor constante ao mesmo
5 tempo em que se tira vantagem da diversidade de multi-usuários.

Em um sistema que classifica os usuários de acordo com o serviço, diferentes classes de usuários são servidas de acordo com um esquema de prioridade ou outro
10 esquema, como, por exemplo, à maneira round robin. Considere-se primeiro uma classe ou tipo único de usuário. A modalidade exemplar utiliza a $f(A_i(t), U_i(t))$ mais elevada, mas modalidades alternativas podem utilizar um valor mais baixo e/ou uma função do tipo alternativo. A
15 determinação de uma definição apropriada de $f()$, $A_i(t)$ e $U_i(t)$ determina a eficácia da programação.

A presente invenção é aplicável a diversos algoritmos e priorizações de programação e não está limitada aos descritos no presente relatório. Por razões de
20 clareza, diversos algoritmos de programação serão discutidos de modo a darem exemplos de um programador generalizado e diversas implementações.

As modalidades da presente invenção referem-se a um sistema e um equipamento para alocar recursos entre uma
25 pluralidade de assinantes para uma rede de comunicação que são servidos por um único nó de comunicação. A intervalos de transmissão discretos individuais, ou "intervalos de serviço", os assinantes individuais utilizam um recurso finito do nó de comunicação com a exclusão de todos os
30 demais assinantes. Os assinantes individuais são selecionados para utilizar o recurso finito com base em um peso ou contagem associada aos assinantes individuais. As alterações em um peso associado a um assinante individual

são de preferência baseadas em uma taxa instantânea à qual o assinante individual é capaz de consumir o recurso finito.

Em uma modalidade, o AT 126 cobre o valor DRC com uma cobertura DRC. A cobertura DRC é uma codificação aplicada de modo a identificar o setor do qual os dados serão transmitidos. Em uma modalidade, a cobertura DRC é um código Walsh aplicado ao valor DRC, em que um código singular corresponde a cada setor no Conjunto Ativo do AT 126. O Conjunto Ativo, AS (Active Set), consiste nos setores com os quais o AT 126 está atualmente transmitindo e recebendo informações. O valor DRC e a cobertura DRC fornecem a solicitação de dados completo, à medida que o valor DRC especifica uma taxa de dados e a cobertura DRC identifica um setor de transmissão. Modalidades alternativas podem empregar coberturas alternativas ou um método alternativo para identificar um setor de transmissão. Ainda outras modalidades podem incluir a identificação do setor no valor DRC.

Um exemplo de programador que pode ser implementado por meio da estrutura de programador generalizado é um programador de tempo igual que melhora rendimento do sistema tirando vantagem da diversidade de multi-usuários. O critério de condição de canal para este programador é DRC/DRCave descrito acima. Mais especificamente, a qualquer momento t , o programador computa a métrica de condição de canal $A_i(t)$ para cada usuário i . $A_i(t) = DRC_i(t)/DRC_{ave}(t)$, onde $DRC_i(t)$ é o sinal DRC recebido que indica a condição de canal no momento t , do usuário i , e $DRC_{ave}(t)$ é dado pela equação seguinte:

$$DRC_{ave}(t) = DRC_{ave}(t-1)(1-1/ta) + DRC_i(t-1)(1/ta) \quad (2)$$

onde ta é a constante de tempo para a média.

A métrica de exigência de usuário ($U_i(t)$) é dado como $fraci(t)$, onde $fraci(t)$ é definido por meio da equação seguinte:

$$fraci(t) = fraci(t-1)(1-1/t_u) + Servedi(t-1)(1/t_u) \quad (3)$$

5 O $Servedi(t-1)$ é 1 se o usuário i for servido durante a partição $t-1$ e é 0 se o usuário não for servido durante a partição $t-1$. Note-se que $fraci(t)$ é a fração média de tempo gasta servindo ao usuário i , em que a média é feita com base na equação (2).

10 O programador em seguida computa $A_i(t)/U_i(t)$ para cada usuário a cada partição de tempo t e, entre os usuários que têm dados a enviar, serve ao usuário que tem a $A_i(t)/U_i(t)$ mais elevada.

Outro exemplo de programador que pode ser
15 implementado por meio da estrutura de programador generalizado é um programador de tempo igual que melhora o rendimento tirando vantagem da diversidade de vários usuários, mas também oferece duas qualidades diferentes de serviço a duas classes diferentes de usuário. Uma classe,
20 digamos a classe A, de usuários é sensível aos retardos dos pacotes e, conseqüentemente, o programador os serve com menos flutuação de fase (jitter) do que outra classe, digamos a classe B. A métrica de condição de canal para este programador é $DRC/DRCave$ descrito acima. Mais
25 especificamente, a qualquer momento t , o programador computa a métrica de condição de canal $A_i(t)$ para cada usuário i da maneira seguinte:

$$A_i(t) = DRC_i(t)/DRCave_i(t) \quad (4)$$

onde $DRC_i(t)$ é o sinal DRC recebido que indica a condição
30 de canal no momento t , do usuário i , e $DRCave_i(t)$ é dado pela equação seguinte:

$$DRCave_i(t) = DRCave_i(t-1)(1-1/t_a) + DRC_i(t-1)(1/t_a) \quad (5)$$

onde t_a é a constante de tempo para a média.

A métrica de exigência do usuário ($U_i(t)$) para usuários na classe A é $fracia(t)$, onde $fracia(t)$ é definido pela equação seguinte:

$$fracia(t) = fracia(t-1)(1-1/tua) + Servedia(t-1)(1/tua) \quad (6)$$

5 onde $Servedia(t-1)$ é 1 se o usuário i da classe A for servido durante a partição $t-1$ e é 0 se o usuário não for servido durante a partição $t-1$. Note-se que $fracia(t)$ é a fração de tempo média gasta servindo ao usuário i , em que a média é feita com base na Equação (5).

10 A métrica de exigência do usuário ($U_i(t)$) para usuários na classe B é $fracib(t)$, onde $fracib(t)$ é definida por meio da equação seguinte:

$$fracib(t) = fracib(t-1)(1-1/tub) + Servedib(t-1)(1/tub) \quad (7)$$

15 onde $Servedib(t-1)$ é 1 se o usuário i da classe B for servido durante a partição $t-1$ e é 0 se o usuário não for servido durante a partição $t-1$. Note-se que $fracib(t)$ é a fração de tempo média gasta servindo ao usuário i , em que a média é feita com base na equação (5). O programador computa $A_i(t)/U_i(t)$ para cada usuário a cada partição de
20 tempo t e, entre os usuários que têm dados para enviar, serve ao que tem a $A_i(t)/U_i(t)$ mais elevada.

Neste caso, $tua < tub$, que indica que $U_i(t)$ de usuários na classe A se decompõe mais rápido que a $U_i(t)$ dos usuários na classe B. Como resultado, usuários na
25 classe A obtêm serviço mais frequentemente que usuários na classe B; entretanto, toda vez que os usuários na classe A obtêm serviço, é por uma quantidade menor de tempo. No total, o programador gasta uma quantidade igual de tempo servindo a cada usuário.

30 Outro exemplo de programador que pode ser implementado por meio da estrutura de programador generalizado é o programador proporcional-justo que melhora o rendimento do sistema tirando vantagem da diversidade de

multi-usuários. A métrica de condição de canal para este programador é DRC/DRC_{ave} descrito acima. Mais especificamente, a qualquer momento t , o programador computa a métrica de condição de canal $A_i(t)$ para cada usuário i da maneira seguinte:

$$A_i(t) = DRC_i(t)/DRC_{ave}(t) \quad (8)$$

onde $DRC_i(t)$ é o sinal DRC recebido que indica a condição de canal no momento t , do usuário i , e $DRC_{ave}(t)$ é dado pela equação seguinte:

$$DRC_{ave}(t) = DRC_{ave}(t-1)(1-1/t_a) + DRC_i(t-1)(1/t_a) \quad (9)$$

onde t_a é a constante de tempo para a média. A métrica de exigência de usuário ($U_i(t)$) é dada como $ServedRate_{ave}(t)/DRC_{ave}(t)$, onde $ServedRate_{ave}(t)$ é definido por meio da equação seguinte:

$$ServedRate_{ave}(t) = ServedRate_{ave}(t-1)(1-1/t_a) + Served_Rate(t-1)(1/t_a) \quad (10)$$

onde $Served_Rate(t-1)$ é a taxa à qual o usuário i é servido durante a partição $t-1$ e é 0 se o usuário não for servido durante a partição $t-1$. Note-se que $Served_Rate_i(t)$ é a taxa de dados média para servir ao usuário i , em que a média é feita com base na Equação (9).

Agora o programador computa $A_i(t)/U_i(t)$ para cada usuário a cada partição de tempo t e, entre usuários com dados pendentes para enviar, serve ao usuário que tem a $A_i(t)/U_i(t)$ mais elevada.

Ainda outro exemplo de programador que pode ser implementado por meio do método de programador generalizado é o programador de grau de serviço. O princípio do programador de grau de serviço é o de manter uma razão de taxa de bits entre quaisquer dois usuários dentro de um valor predeterminado G . O programador de grau de serviço mantém a exigência de razão de taxa de bits através de um dado intervalo de tempo. Este programador melhora o

rendimento tirando vantagem da diversidade de multi-usuários durante um pequeno intervalo de tempo. A métrica de condição de canal para este programador é DRC/DRC_{ave} descrito acima. Mais especificamente, a qualquer momento t ,
 5 o programador computa a métrica de condição de canal $A_i(t)$ para cada usuário i . $A_i(t) = DRC_i(t)/DRC_{ave}(t)$, onde $DRC_i(t)$ é o sinal DRC recebido que indica a condição de canal no momento t , do usuário t , do usuário i , e $DRC_{ave}(t)$ é dado pela equação seguinte:

$$10 \quad DRC_{ave}(t) = DRC_{ave}(t-1)(1-1/ta) + DRC_i(t-1)(1/ta) \quad (11)$$

onde ta é a constante de tempo para a média.

A métrica de exigência do usuário ($U_i(t)$) é computado da maneira seguinte. A cada partição de tempo, uma medida do rendimento total do sistema, isto é, a soma
 15 do rendimento de todos os usuários servidos pela estação base, é armazenada e referida como R_{total} . Uma maneira possível de rastrear R_{total} é fazer a computação seguinte a cada partição de tempo t .

$$20 \quad R_{total}(t) = R_{total}(t-1)(1-1/t_{total}) + SystemServedRate(t-1)(1/t_{total}) \quad (12)$$

onde $SystemServedRate(t-1)$ é a taxa à qual o sistema está servindo a qualquer de seus usuários no momento $t-1$ e é 0 se nenhum usuário estiver sendo servido no momento $t-1$, em que t_{total} é uma constante de tempo escolhida
 25 apropriadamente.

Além disso, um peso W é mantido para cada usuário. Quando um pacote de dados com B bytes de extensão é enviado a um usuário, e a taxa de dados do usuário é menor que R_{total} no momento em que o pacote foi enviado, o
 30 peso W é incrementado por $B \cdot G$. O peso W é incrementado por B depois que um pacote de B bytes for enviado ao usuário e a taxa de dados do usuário for superior ou igual a R_{total} no momento em que o pacote foi enviado. Uma vez que o peso

W se altera com o tempo, ele é representado como $W(t)$. Além disto, uma vez que cada usuário tem um peso diferente, usaremos um subscrito para identificar o usuário ao qual pertence. Portanto, o peso do usuário i no momento t é
 5 denotado por $W_i(t)$.

Além disso, há um parâmetro chamado colar (collar). O colar é um número especificado como um parâmetro do programador e não se altera com o tempo. Suponha-se que $W_{min}(t)$ é o peso mínimo entre todos os
 10 usuários no momento t . A métrica de exigência do usuário $U_i(t)$ é definido como sendo 1 para todos os usuários com peso entre $W_{min}(t)$ e $W_{min}(t) + \text{Colar}$. Em um caso, $U_i(t)$ é definido como sendo uma constante grande, digamos 1000, para todos os demais usuários.

15 Em seguida, o programado computa $A_i(t)/U_i(t)$ para cada usuário a cada partição de tempo t e, entre os usuários que têm dados pendentes para enviar, serve ao usuário que tem a $A_i(t)/U_i(t)$ mais elevada.

Conforme dito acima, diversos algoritmos de
 20 programação podem ser empregados para programar transmissões em um sistema que suporta transmissões de dados, como, por exemplo, um sistema HDR. Um método é referido como algoritmo de programação de Grau de Serviço, GOS. A figura 2 ilustra um programador GOS aplicável ao
 25 sistema 100 da figura 1, em que cada usuário ativo ou Estação Móvel, MS, envia uma solicitação de taxa de dados a uma Estação Base, BS. O programador GOS apresenta um método de selecionar usuários para transmissões de dados que mantém uma razão de taxa entre qualquer par de dois
 30 usuários e satisfaz portanto um critério de justiça correspondente. Em outras palavras, o critério de justiça para o programador GOS assegura que o rendimento de cada usuário esteja em proporção a cada um dos demais usuários.

O método de programador 200 é executado na BS e considera um conjunto de usuários ativos, em que um usuário é um membro do conjunto ativo quando houver dados pendentes para uma comunicação entre esse usuário e a BS. O número
 5 total de usuários ativos é dado como N , e o índice i identifica os membros individuais do conjunto ativo. Para transmissões de dados, cada um dos N usuários do conjunto ativo instrui a BS para transmitir dados a uma taxa de dados desejado pelo usuário. As informações sobre a taxa de
 10 dados são fornecidas como uma mensagem de pedido de taxa de dados. Em uma modalidade, a solicitação de taxa de dados é uma mensagem de Controle de Taxa de Dados, DRC. A mensagem de pedido de taxa de dados indica a qualidade do Link direto, FL.

15 Continuando com a figura 2, na etapa 202 cada um dos N usuários transmite um valor DRC. Na etapa 204, a BS determina o rendimento de cada um dos N usuários com base no número de bits transmitidos. A BS transmite para cada um dos N usuários e, portanto, tem conhecimento do número de
 20 bits de transmissão que são enviados a cada usuário durante um dado período de tempo. O rendimento do usuário i é dada como T_i . Um segundo índice j é empregado para identificar usuários para comparação com o usuário i . No losango de decisão 206, a BS determina a razão do rendimento do
 25 usuário i com o usuário j para todos os usuários no conjunto ativo. A razão é então comparada com um valor proporcional de critério de justiça, G ,:

$$\frac{T_i}{T_j} \leq G, \text{ para todos } i \text{ e } j. \quad (13)$$

Note-se que, conforme dado na Equação (13), o rendimento
 30 aumenta à medida em que G aumenta. O aumento do rendimento se dá às custas da justiça, uma vez que valores de G mais elevados permitem diferenças maiores no rendimento de

diferentes usuários. Justiça neste sentido refere-se ao número real de bits transmitidos a um dado usuário. Se a razão da Equação (13) não satisfizer a equação para qualquer combinação de usuários i e j , na etapa 210 a BS
 5 determina um programa para obter ou obter aproximadamente a relação da Equação (13). Neste caso, a BS aumentará tipicamente as transmissões para usuários que tenham valores de rendimentos baixos. Desta maneira, a razão de usuário(s) que tenha(m) o rendimento mais baixo para
 10 usuário(s) que tenha(m) o rendimento mais elevado é reduzida. Se a Equação (13) for satisfeita no losango de decisão 206, a BS determina um programa para manter as razões de rendimento aproximadamente abaixo de ou igual a G na etapa 208. O programa é aplicado na etapa 212 e o
 15 processamento retorna à etapa 202 para receber o conjunto seguinte de mensagens de pedido de taxa de dados, como, por exemplo, DRCs.

Outro algoritmo de programação que é aplicável ao sistema 100 é ilustrado na figura 3. O método de
 20 programação 250 inicializa pesos para cada usuário na etapa 252. Um peso é um indicador de prioridade no qual um peso maior significa a importância de uma transmissão de usuário. Modalidades alternativas podem implementar um significado diferente para os pesos. O peso pode ser
 25 determinado por diversos fatores, que incluem, mas não se limitam a, um plano de serviço selecionado pelo usuário. Na etapa 254, a BS seleciona o usuário que tem o peso mínimo. A BS computa um R -ésimo valor limite de taxa na etapa 256 e compara o R -ésimo com a taxa do usuário selecionado no
 30 losango de decisão 258. A BS computa o limite de taxa como uma média de todas as taxas instantâneas associadas a usuários que têm dados. As taxas instantâneas associadas a usuários, que não incluem dados, são de preferência

eliminadas para este cálculo. A BS compara o R-ésimo limite de taxa com a taxa do usuário selecionado e, se a taxa do usuário ultrapassar o R-ésimo limite, na etapa 260 a BS incrementa o peso associado a este usuário em um valor mais
5 baixo que é de preferência um número que representa a quantidade de dados a serem transmitidos durante o intervalo de serviço subsequente em unidades tais como bits, bytes ou megabytes. Se a taxa do usuário não ultrapassar o R-ésimo limite, a etapa 262 incrementa o peso
10 do usuário em um valor mais elevado que é de preferência um múltiplo "K" da quantidade de dados que será transmitida durante o intervalo de serviço subsequente tal como quantidades de número de bits, bytes ou megabytes.

A seleção de K é de preferência baseada em um
15 critério de justiça que favorece a alocação de intervalos de serviço para estações remotas ou usuários que tenham a capacidade de receber dados a taxas mais elevadas. O projetista do sistema seleciona o tamanho de K com base na extensão até a qual as estações remotas que recebem dados
20 às taxas mais elevadas serão favorecidas em detrimento das estações remotas receptoras mais lentas. Quanto maior o valor de K, mais eficazmente é utilizado o link direto da BS. Esta eficácia, contudo, dá-se ao custo de privar os assinantes do usuário receptor mais lento dos recursos de
25 transmissão do link direto. O projetista do sistema, portanto, seleciona de preferência o valor de K de uma maneira que equilibre os dois objetivos em competição de 1) melhorar a eficácia total do link direto e 2) impedir a privação aguda dos usuários receptores mais lentos. Os
30 usuários selecionados que têm uma taxa de dados instantânea associada mais rápida (isto é, que ultrapassa o R-ésimo limite) tenderão a ter o peso associado incrementado em apenas um pequeno montante, enquanto os usuários que têm

uma taxa de dados mais baixa (isto é, que não ultrapassa o R-ésimo limite) terão o peso associado incrementado em um montante significativamente maior. O método 250 da figura 3 tende a favorecer a prestação de serviços a usuários que recebem dados a taxas relativamente mais rápidas sobre aqueles das estações remotas que recebem dados a taxas de dados mais lentas. Esta tendência faz melhorar a eficácia de rendimento da BS na transmissão de dados no link direto; entretanto, uma vez que os pesos associados às filas selecionadas com frequência associadas aos usuários que têm as taxas mais elevadas de recepção de dados (isto é, que ultrapassam o R-ésimo limite) continuam a ser incrementados, estes pesos aproximam-se finalmente dos pesos das filas associados às filas selecionadas com menor frequência associadas aos usuários que têm as taxas mais lentas de recepção de dados (isto é, que não ultrapassam o limite). O processo de seleção começará então a favorecer os usuários de recepção mais lenta à medida que os pesos dos usuários de recepção mais rápida começam a ultrapassar os pesos dos usuários de recepção mais lenta. Isto impõe uma restrição justa ao processo de seleção impedindo que os usuários de recepção mais rápida dominem os recursos de transmissão do link direto da estação base com a exclusão dos usuários de recepção mais lenta.

Ainda outro método de programação é denominado programador proporcional-justo, que tem um critério de justiça que procura equalizar o tempo de transmissão através de todos os usuários no conjunto ativo. De acordo com um método de programação proporcional-justo, a BS rastreia um parâmetro associado a cada usuário i como uma função do tempo, como, por exemplo, a taxa de dados $R_i(t)$. A BS recebe as informações DRC de cada usuário no conjunto ativo e calcula uma razão de:

$$DRC_i/R_i \quad (14)$$

para cada usuário no conjunto ativo. A razão compara efetivamente uma condição de canal atual com o passado recente. Para um dado usuário, se o DRC é elevado enquanto o parâmetro R é baixo, o usuário é considerado um bom candidato à transmissão. O valor reduzido de R indica que o usuário não foi o receptor de transmissões de dados da estação base no passado recente. O DRC elevado indica que o usuário detectou uma boa condição de canal. De acordo com uma modalidade, o cálculo do parâmetro R do usuário é dado como:

$$R_i(t+1) = R_i(t) * (1 - \frac{1}{T_c}) + D * (\frac{1}{T_c}) \quad (15)$$

onde D representa a taxa de dados recebida durante um intervalo de tempo predeterminado t_i , e T_c representa o intervalo recente considerado. As taxas de dados recentes são pesadas de maneira mais sobrecarregada de modo a refletirem a condição real para cada usuário.

A figura 4A ilustra uma combinação dos métodos descritos acima, na qual um limite de taxa de dados é aplicado a valores instantâneos dentro de um período de tempo predeterminado, e o critério GOS é aplicado a um intervalo definido pelo período de tempo predeterminado. O método 400 primeiro inicializa um temporizador na etapa 402 de modo a rastrear o período de tempo GOS. Se o temporizador não tiver expirado na etapa 404, isto é, ainda dentro do período de tempo GOS, o processamento continua até a etapa 420 da figura 4B, de modo a determinar uma função de prioridade para cada usuário. Na modalidade exemplar, a função de prioridade é a taxa de dados do usuário, $R_i(t)$. Na etapa 422, a BS seleciona um vencedor de acordo com a função de prioridade e transmite dados na etapa 424. Se dados ainda estiverem pendentes na etapa 426,

o processamento volta à etapa 420, caso contrário o processamento termina para este período de tempo.

Continuando com a figura 4A, se o temporizador tiver expirado na etapa 404, isto é, se o período de tempo
5 GOS estiver completo, o processamento continua até a etapa 406, de modo a receber DRC(s) de outro(s) usuário(s). Na etapa 408, a BS determina o rendimento de cada usuário com base no número de bits transmitidos. A razão é então comparada com o valor proporcional do critério de justiça,
10 G , conforme dado em (15) acima. Se a razão da Equação (13) não satisfizer a equação para qualquer combinação de usuários i e j , na etapa 414 a BS determina um programa para obter ou obter aproximadamente a relação da Equação (13). Neste caso, a BS aumentará tipicamente as
15 transmissões a usuários que têm valores de rendimento baixos. Desta maneira, a razão do(s) usuário(s) que tem (têm) o rendimento mais baixo para o(s) usuário(s) que tem (têm) o rendimento mais elevado é reduzida. Se a Equação (13) for satisfeita no losango de decisão 410, a BS
20 determina um programa para manter as razões de rendimento abaixo de ou iguais a G na etapa 414. O programa é aplicado na etapa 416, e o processamento volta à etapa 402 de modo a receber o conjunto seguinte de mensagens de pedido de taxas de dados, como, por exemplo, DRCs.

25 Um exemplo específico do método 400 ilustrado nas figuras 4A e 4B é apresentado na figura 5. O método 600 primeiro determina o peso mínimo entre M usuários na etapa 602. O método 600 determina também um colar K para o usuário selecionado na etapa 604 e calcula $(M+K)$ na etapa
30 606. Para os usuários que transmitem um DRC válido e que têm dados pendentes, se o peso de um usuário for muito menor que o valor calculado de $(M+K)$, o processamento continua até a etapa 612, de modo a selecionar um usuário

com base na condição de canal. Caso contrário, o processamento continua até a etapa 610, de modo a se selecionar o usuário que tem o peso mínimo. O peso do usuário selecionado é atualizado na etapa 614, e o
 5 processamento volta à etapa 602.

Um algoritmo de programação proposto originalmente para o link direto em um sistema HDR proporciona uma justiça de Grau de Serviço dentro de um período de tempo tão curto quanto permitido pela
 10 granulosidade dos pacotes do codificador HDR. A justiça de grau de serviço é definida como significando que os rendimentos vistos por dois usuários dentro do mesmo período de tempo devem ser diferentes um do outro em não mais que uma razão de $G:1$, onde $G \geq 1$. Outra maneira de
 15 descrever a mesma coisa é dizer que dentro de um período de tempo arbitrário de duração t ,

$$b_A(t) \leq G * b_B(t) \forall A, B \quad (16)$$

onde $b_A(t)$ e $b_B(t)$ é o número de bits recebidos pelos usuários A e B, respectivamente, dentro do período de tempo
 20 de duração t . Um algoritmo de programação GOS primeiro inicializa todos os pesos associados com as filas com um valor nominal de peso de zero. O algoritmo então seleciona uma fila para transmissão e envia um pacote da fila selecionada. Todos os pesos são então atualizados para
 25 todas as filas. O algoritmo seleciona então uma fila seguinte para transmissão.

A fila selecionada é inicializada sem entradas e recebe um peso de infinito negativo. O processo em seguida considera uma fila seguinte e verifica se há tempo
 30 suficiente para que a fila seguinte complete uma transmissão de pacote de dados antes que seja programado o início da transmissão do canal de controle. Se houver tempo

insuficiente, o processo verifica outra fila. Este processo continua até que seja encontrada uma fila que seja capaz de completar uma transmissão no tempo disponível. O algoritmo compara o peso da fila atual com o peso da fila selecionada. Se o peso da fila atual for menor que o peso da fila selecionada, o algoritmo seleciona a fila atual e armazena o peso na memória. Caso contrário, se o peso da fila atual for igual ao peso da fila selecionada, o algoritmo efetua as verificações seguintes: (a) A fila atual pode usar pelo menos tanto da partição atual quanto da fila selecionada? e (b) A estação remota da fila atual pode receber a uma taxa mais elevada que a taxa da fila selecionada? Se a resposta para ambas perguntas for sim, o algoritmo seleciona a fila atual e armazena o peso associado na memória. O processo é repetido para todas as filas. Se nenhum dado estiver pendente, não haverá fila selecionada neste ponto.

O algoritmo proporcional-justo faz com que o rendimento do setor aumente à medida que o número de usuários ativos aumenta. O algoritmo GOS não tem esta propriedade. Esta diferença é causada pela escala de tempo através da qual a justiça é mantida. O esquema proporcional-justo não garante justiça através de escalas de tempo mais curtas que a constante de tempo do computador de rendimento médio. Consequentemente, ele tem flexibilidade para rearrumar transmissões para diferentes usuários dentro de períodos de tempo curtos, de modo a tirar vantagem das variações nas condições de canal. Desde que estes períodos de tempo sejam curtos o bastante para que os retardos dos pacotes não sejam afetados de maneira significativa.

Entretanto, o algoritmo proporcional-justo altera também a noção de justiça do programador de grau de

serviço. Consequentemente, no pior dos casos, a razão das taxas de bit para os usuários individuais pode ser tão grande quanto a maior razão de taxas solicitadas (64:1 para uma modalidade de um sistema HDR). Isto pode ser indesejável. É desejável tirar vantagem das variações de canal a curto prazo, de modo a aumentar o rendimento, mas se manter a justiça de grau de serviço dentro de períodos de tempo mais longos.

Conforme discutido acima, programadores baseados em um conceito GOS de justiça geralmente asseguram que a Equação (16) é satisfeita dentro de todos os intervalos de tempo. A modificação da Equação (16) para incluir um valor constante C resulta na expressão seguinte:

$$b_A(t) \leq G * b_B(t) + C \forall A, B. \quad (17)$$

Dentro de intervalos de tempo prolongados, isto é, grandes valores de t , o número de bits transmitidos durante os intervalos $b_A(t)$ e $b_B(t)$ será muito grande comparado com C . No limite, à medida que t vai a infinito, a nova regra reduz-se à regra antiga. Isto proporciona justiça de grau de serviço dentro de um período de tempo longo. Dentro de períodos de tempo curtos, entretanto, o número de bits enviados aos usuários A e B pode ter qualquer razão. Deste modo, escolhendo-se C cuidadosamente, o sistema pode ser projetado para determinar quais períodos de tempo são considerados curtos e quais períodos de tempo são considerados longos. Isto permite que a liberdade viole o critério de justiça GOS dentro de períodos de tempo curtos, e portanto o sistema está livre para usar qualquer esquema com a finalidade de maximizar o rendimento. Os algoritmos modificados discutidos no presente relatório diferem entre si no que se refere à maneira pela qual se otimiza o

desempenho tirando-se vantagem desta liberdade e adicionalmente em como cada um determina o valor de C .

Entretanto, os algoritmos de programação alternativos que funcionam de maneira semelhante à do algoritmo GOS descrito acima podem diferir dependendo da implementação do processo de seleção de usuários pela introdução do parâmetro ou valor constante C no procedimento de seleção. Conforme descrito acima, em uma modalidade, o algoritmo GOS seleciona, entre usuários que tenham mensagens DRC válidas, o que tem o peso mínimo, identificado por uma variável M . Em uma modalidade alternativa, o algoritmo de programação seleciona um usuário que tenha um peso dentro de uma faixa definida pelo valor constante C em torno do usuário de peso mínimo, isto é, a faixa é definida como $M+C$. Em outras palavras, o algoritmo implementa uma margem com relação ao peso mínimo. Pode ser determinado um conjunto de usuários com pesos dentro da faixa definida, isto é, uma faixa de pesos definida por $(M+C)$. O processo de seleção dentro da faixa pode ser baseado em outros critérios, que incluem a, mas não se limitam à, taxa de dados solicitada, como, por exemplo, um valor DRC, ou uma função dela. Diversas modalidades podem implementar métodos de programação semelhantes, nos quais esquemas de programação individuais podem diferir quanto ao método empregado para a seleção de um usuário a partir deste conjunto. O usuário de peso mínimo é o usuário que tem o peso mínimo no conjunto de todos os usuários ativos, inclusive usuários ativos sem dados pendentes e usuários ativos com mensagens DRC inválidas. Daí ser possível que nenhum usuário neste conjunto tenha dados pendentes e um DRC válido, em que o usuário que tem o peso mínimo entre o restante dos usuários é apanhado para transmissão, isto é, usuários no conjunto

ativo com pesos maiores que $(M+C)$, mas com dados pendentes e um DRC válido.

A figura 8 ilustra um algoritmo de programação, 900, de acordo com uma modalidade, na qual o método
 5 determina um peso mínimo M dos usuários, ou filas, na etapa 902. Um valor de faixa C é determinado na etapa 904, na qual o valor é empregado para definir uma faixa de pesos dentro da qual pode ser usado um critério de seleção alternativo. Na etapa 906, o método calcula a faixa como
 10 $M+C$ e determina um grupo de usuários na faixa na etapa 908. Se pelo menos um usuário no grupo tiver dados pendentes e uma mensagem DRC válida, o processamento continua até a etapa 914, de modo a selecionar o usuário seguinte do grupo. Se nenhum usuário no grupo tiver dados pendentes e
 15 mensagem DRC válida, o grupo é definido como constituído pelos usuários não incluídos no grupo definido pela faixa de $M+C$. Em outras palavras, o grupo é redefinido como o conjunto de usuários que têm pesos maiores que $M+C$ na etapa 912, e o processamento volta à etapa 908. Se pelo menos um
 20 usuário no grupo tiver dados pendentes e mensagem DRC válida, o processamento continua até a etapa 914, de modo a selecionar o usuário seguinte do grupo. Note-se que, se nenhum usuário no grupo ativo tiver dados pendentes e DRC válido, então nenhuma transmissão é processada. O critério
 25 empregado para selecionar um usuário ou fila do grupo pode ser denominado de uma métrica de desejo.

Em uma modalidade, o valor C é uma constante, independentemente do número de usuários. Semelhante a um algoritmo do tipo proporcional-justo, uma versão filtrada
 30 do rendimento médio para cada usuário é implementada como uma métrica de desejo. Por exemplo, de acordo com uma modalidade, a métrica de desejo é definida como a taxa de

dados solicitada atual menos o valor de rendimento médio para um dado usuário.

De acordo com uma modalidade alternativa, C é uma constante e a métrica de desejo é igual à taxa de dados solicitada atual. Este método é denominado algoritmo GOS modificado que aplica um valor de DRC elevado.

De acordo com ainda outra modalidade, C é uma constante, e uma versão filtrada do rendimento médio para cada usuário é mantida como em um algoritmo do tipo proporcional-justo. Nesta modalidade, a métrica de desejo é fixada como igual à taxa de dados solicitada atual dividida pelo rendimento médio.

Em ainda outra modalidade, o valor de C é proporcional a $(1/\text{Número de usuários ativos})$. Uma versão filtrada do rendimento médio para cada usuário é mantida de uma maneira idêntica ao esquema proporcional-justo e a métrica de desejo é fixada como igual à taxa de dados solicitada atual dividida pelo rendimento médio.

Em uma modalidade, um algoritmo de programação controla o programador de canal 812 da figura 7 para programar transmissões da estação base 820 para as estações remotas. Conforme discutido acima, uma fila de dados, 830, é associada a cada estação remota. O programador de canal 812 atribui a cada fila de dados 830 um "peso" que é avaliado para seleção de uma estação remota específica associada à estação base 820 para receber dados em um intervalo de serviço subsequente. O programador de canal 812 seleciona estações remotas individuais para receber uma transmissão de dados em intervalos de tempo discretos. O programador de canal primeiro inicializa o peso para cada fila associada à estação base 820.

Um programador de canal, 812, passa através de uma série de intervalos de transmissão ou intervalos de

serviço. O programador de canal 812 determina se há quaisquer filas adicionais a serem acrescentadas devido à associação de uma estação remota com a estação base 820 detectada no intervalo de serviço anterior. O programador
 5 de canal 812 inicializa também os pesos associados às novas filas. Conforme discutido acima, a estação base 820 recebe o sinal DRC de cada estação remota associada a ela a intervalos regulares, como, por exemplo, partições de tempo.

10 A modalidade exemplar da presente invenção é aplicável a diversos algoritmos de programação e é eficaz na obtenção de diversos critérios de justiça. A figura 6 ilustra o método de programação 700 da modalidade exemplar que avalia primeiro a condição de canal e prepara um
 15 indicador da condição de canal na etapa 702. Um indicador de justiça é selecionado na etapa 704. O indicador de justiça é uma métrica empregada para avaliar a justiça do método de programação implementado. A necessidade é a de otimizar os recursos do sistema pela maximização do
 20 rendimento sem causar retardos aos usuários que têm ou muitos poucos dados pendentes ou condições de canal precárias. Os critérios de justiça incluem os, mas não se limitam aos, tipos seguintes: 1) um método proporcionalmente justo como uma função da condição do
 25 canal e do rendimento; 2) um método de Partilha do Processador Generalizado Pacote por Pacote (PGPS) como uma função do rendimento e da prioridade do usuário; 3) um método de tempo igual como uma função do tempo de serviço; 4) um método GOS como uma função do rendimento; e 5) um
 30 método de tempo de serviço como uma função do tempo de espera e do prazo final para conclusão.

Continuando com a figura 6, na etapa 706 o método 700 determina um valor de indicador de justiça como uma

função do rendimento. Na etapa 708, cada usuário é avaliado como uma função do indicador de condição de canal e do indicador de justiça. Um programa é determinado com base nas avaliações da etapa 708 e o programa é aplicado na
5 etapa 710. De acordo com a modalidade exemplar, diversos métodos existem para avaliação da condição do canal e, portanto, várias combinações de indicador de condição de canal e indicador de justiça existem para uso na programação.

10 A figura 7 ilustra um sistema, 800, que inclui uma parte de Controlador de Estação Base, BSC, 810, e uma parte de BS, 820, em comunicação com uma rede. A rede inclui uma fonte de dados, 802, e um depósito de dados, 804, cada um deles comunicando-se com uma interface de
15 pacote de rede, 806. Além disto, a rede pode incluir uma Rede Telefônica Comutada Pública, PSTN, 806. O BSC 810 inclui um programador de canal, 812, um seletor justo, 814, um elemento seletor, 816, e um processador de controle de chamadas, 818. O processador de controle de chamadas 818
20 afeta as alterações no conjunto ativo de usuários dentro do sistema 800. O elemento seletor 816 determina o(s) participante(s) alvo para uma comunicação e faz a conexão apropriada. O elemento seletor 816 é também acoplado à BS 820. O seletor justo 814 permite que o BSC 810 implemente
25 um critério de justiça desejado e forneça informações ao programador de canal 812. O seletor justo 814 pode receber também uma designação de indicador de justiça da BS 820.

 A BS 820 inclui um programador de canal, 832, que fornece informações a um elemento de canal, 826, com o
30 usuário selecionado para uma transmissão de dados seguinte. A BS 820 inclui também uma fila de dados, 830, uma unidade de RF, 828, um seletor justo, 824, e um microprocessador,

822. Os seletores justos 814, 824 podem implementar o método 700 conforme ilustrado na figura 6.

Conforme discutido acima, a modalidade exemplar permite que múltiplos usuários sejam classificados de acordo com um esquema de prioridade ou outro esquema. Considere-se um sistema que suporta dois conjuntos de usuários. O primeiro conjunto tem uma exigência de retardo e o segundo conjunto simplesmente exige um serviço de melhor esforço. A exigência de retardo do primeiro conjunto indica que as transmissões ocorrem com menos que um retardo predeterminado e é portanto um conjunto de prioridade mais elevada do que o segundo conjunto. Na modalidade exemplar, o usuário i é um membro do primeiro conjunto. O usuário i especifica que os retardos de pacotes para transmissões no link direto, ou downlink, são inferiores a um retardo predeterminado d_i em que o usuário i implementará o retardo com um nível predeterminado de flexibilidade f_i . Ao segundo conjunto de usuários é dado acesso a partições à maneira de tempo igual. Para programar os primeiro e segundo conjuntos de usuários, o programador desejado oferecerá diversidade de vários usuários satisfazendo-se ao mesmo tempo as exigências de cada um dos diferentes usuários de uma maneira diferente. Para se ter clareza de exemplificação, o critério de condição de canal não é alterado.

A primeira etapa consiste em determinar uma métrica de justiça de usuário apropriada, em que a métrica de justiça de usuário é descrita por uma função que é diferente para as duas classes de usuários. Uma outra restrição é que tanto o primeiro quanto o segundo conjuntos resultam em um mesmo valor numérico em um ponto de operação desejado. Por exemplo, considere-se a métrica de justiça do usuário definido como:

$$U_i(t) = \frac{d_i + f_i - W_i(t)}{f_i} \quad (18)$$

onde $W_i(t)$ é o retardo sofrido pelo pacote de dados que ficou aguardando o tempo mais longo no momento t na fila de dados pendentes do usuário i . Esta função tem a propriedade de tomar o valor um quando o retardo do pacote é d_i , mas vai a zero quando o retardo atinge $d_i + f_i$. O objetivo é o de manter o retardo em d_i , mas permitir que vá tão alto quanto $d_i + f_i$, isto é, que permaneça dentro da faixa do retardo desejado.

Para o segundo conjunto de usuários, a modalidade exemplar apresenta o melhor esforço com relação aos retardos de pacotes de dados ao proporcionar programação de tempo igual a todos os usuários. De modo a obter a programação de tempo igual, o método pode empregar uma métrica de justiça de usuário, como o seguinte:

$$U_i(t) = n * frac_i(t) \quad (19)$$

onde n é o número total de usuários no setor (de ambos os conjuntos) e $frac_i(t)$ é a fração de partições empregada para servir a este usuário. O valor de $frac_i(t)$ é calculado fazendo-se passar através de um filtro IIR a constante de tempo apropriada. O valor nominal deste critério é um para cada usuário, mas o valor obtido real dependerá das condições de canal recentes e da presença do outro conjunto de usuários. Note-se que, quando o usuário não for servido, este critério cai muito mais lentamente com o tempo do que o critério definido para o primeiro conjunto de usuários.

Um valor baixo desta métrica para um usuário proporciona uma alta prioridade para esse usuário. Isto implica que, se dois usuários, um de cada conjunto, estiverem ao valor nominal (isto é, justiça do usuário igual a um) da métrica de justiça do usuário, mas não

puderem receber serviço porque o programador está servindo a outro cliente, a métrica de justiça do usuário para o usuário do primeiro conjunto cairá mais depressa e, consequentemente, receberá serviço do programador mais cedo do que o usuário do segundo conjunto. Esta atuação é correta porque o segundo conjunto de usuários exige apenas o serviço de melhor esforço, enquanto o primeiro conjunto tem um prazo final rigoroso para cumprir.

Considerando os exemplos detalhados acima, é possível identificar muitas diferenças que ajudam a determinar uma métrica de justiça de usuário apropriado. A constante de tempo T_c deve ser mantida curta, permitindo processamento e consideração das exigências do usuário para escalas de tempo maiores do que T_c .

Cada programador pode ter um ponto de operação nominal, em que o programador programará usuários para serviço, de modo a obter um mesmo valor numérico da métrica de justiça de usuário para cada usuário. A métrica será definida de modo que leve em conta a diferença existente entre as exigências para diferentes usuários. Outra consideração é ter a inclinação em torno do ponto de operação nominal indicando um aumento na justiça como uma função dos serviços recebidos, em que a justiça tende a favorecer os que têm um serviço de prioridade mais elevada às custas dos que têm um serviço de prioridade mais baixa. De acordo com uma modalidade, a inclinação do critério de justiça do usuário como uma função do serviço recebido é sempre negativa com prioridade de serviço decrescente. A sensibilidade de $1/(\text{critério de justiça do usuário})$ deve levar em conta a flexibilidade permitida pelas necessidades de cada usuário.

A implementação de um programador generalizado em um sistema de comunicação sem fio, como o ilustrado na

figura 7, aplica o critério de justiça e o critério de condição de canal às funções de programação de canal. Por exemplo, implementar a métrica de condição de canal pode envolver a obtenção de um mecanismo de realimentação de canal. O mecanismo de realimentação pode ser um indicador explícito, como, por exemplo, o DRC apresentado pelo usuário, ou um indicador implícito, como, por exemplo, uma medição de C/I. Os indicadores de condição de canal e os métodos para avaliar e programar podem ser específicos do sistema. Os indicadores de condição de canal não estão limitados aos apresentados acima, mas, antes, os indicadores de condição de canal detalhados no presente relatório são apresentados como exemplos para se ter clareza de entendimento. É desejável que se tenha uma medição confiável da qualidade de canal.

De maneira semelhante, é desejável que se tenha uma medição digna de confiança da métrica de justiça do usuário. À medida que a BS inicia e processa transmissões para os usuários, a BS tem conhecimento suficiente do número de bits ou pacotes transmitidos a um dado usuário em um dado período de tempo. A BS usa esta informação na avaliação do rendimento, da exatidão e da justiça. A métrica de justiça pode ser uma função do sistema ao qual se aplica e não é limitado, portanto, às métricas de justiça apresentadas acima.

Embora não afirmado explicitamente, não há efetivamente limitação que impeça o serviço a múltiplos usuários ao mesmo tempo. O programador generalizado pode colocar os usuários na ordem decrescente de $f(A_i(t), U_i(t))$ e, se o serviço prestado ao primeiro na lista deixar capacidade restante para servir, ele pode servir ao usuário seguinte simultaneamente. O processamento paralelo de mais

de um usuário maximiza o uso da largura de banda e otimiza o rendimento do sistema como um todo.

A figura 4A ilustra uma combinação dos métodos descritos acima, na qual um limite de taxa de dados é aplicado a valores instantâneos dentro de um período de tempo predeterminado, e um critério GOS é aplicado a um intervalo definido pelo período de tempo predeterminado. O método 400 primeiro inicializa um temporizador na etapa 402 para rastrear o período de tempo GOS. Se o temporizador não tiver expirado na etapa 404, isto é, se ainda estiver dentro do período de tempo GOS, o processamento continua até a etapa 420 da figura 4B para determinar uma função de prioridade para cada usuário. Na modalidade exemplar, a função de prioridade é a taxa de dados do usuário, $R_i(t)$. Na etapa 422, a BS seleciona um vencedor de acordo com a função de prioridade e transmite dados na etapa 424. Se os dados ainda estiverem pendentes na etapa 426, o processamento retorna à etapa 420, caso contrário o processamento termina para este período de tempo.

Continuando com a figura 4A, se o temporizador tiver expirado na etapa 404, isto é, se o período de tempo GOS estiver completo, o processamento continua até a etapa 406, de modo a receber DRC(s) de outro(s) usuário(s). Na etapa 408, a BS determina o rendimento de cada usuário com base no número de bits transmitidos. A razão é então comparada com o valor proporcional do critério de justiça, G , conforme dado na Equação (13) acima. Se a razão da Equação (13) não satisfizer a equação para qualquer combinação dos usuários i e j , na etapa 414 a BS determina um programa para obter ou obter aproximadamente a relação da Equação (13). Neste caso, a BS aumentará tipicamente as transmissões a usuários que tenham valores de rendimento baixos. Desta maneira, a razão de usuário(s) que têm o

rendimento mais baixo para usuário(s) que têm o rendimento mais elevado é reduzida. Se a Equação (13) for satisfeita no losango de decisão 410, a BS determina um programa para manter as razões de rendimento aproximadamente abaixo de ou
 5 iguais a G na etapa 414. O programa é aplicado na etapa 416 e o processamento volta à etapa 402 para receber o conjunto seguinte de mensagens de pedido de taxas de dados, como, por exemplo, DRCs.

Um exemplo específico do método 400 ilustrado nas
 10 figuras 4A e 4B é apresentado na figura 5. O método 600 primeiro determina um colar K para o usuário selecionado na etapa 604 e calcula $(M+K)$ na etapa 606. Para os usuários que transmitirem um DRC válido e tiverem dados pendentes, se o peso de um usuário for muito menor que o valor
 15 calculado de $(M+K)$, o processamento continua até a etapa 612 para selecionar um usuário com base na condição do canal. Caso contrário, o processamento continua até a etapa 610 para selecionar o usuário que tem o peso mínimo. O peso do usuário selecionado é atualizado na etapa 614 e o
 20 processamento retorna à etapa 602.

Um algoritmo de programação proposto originalmente para o link direto em um sistema HDR fornece uma justiça de Grau de Serviço dentro de um período de tempo tão pequeno quanto o permitido pela granulosidade dos
 25 pacotes de codificador HDR. A justiça de grau de serviço é definida como significando que os rendimentos vistos por dois usuários dentro do mesmo período de tempo devem ser diferentes um do outro em não mais que uma razão de $G:1$, onde $G \geq 1$. Outra maneira de descrever a mesma coisa é dizer
 30 que dentro de um período de tempo arbitrário de duração t ,

$$b_A(t) \leq G * b_B(t) \forall A, B \quad (20)$$

onde $b_A(t)$ e $b_B(t)$ é o número de bits recebidos pelos usuários A e B, respectivamente, dentro do período de tempo de duração t . Um algoritmo de programação GOS primeiro inicializa todos os pesos associados às filas em um valor
 5 de peso nominal de zero. O algoritmo em seguida seleciona uma fila para transmissão e envia pacotes da fila selecionada. Todos os pesos são então atualizados para todas as filas. O algoritmo seleciona então uma fila seguinte para transmissão.

10 Conforme descrito acima, a modalidade exemplar fornece um método para programar transmissões entre múltiplos usuários pela aplicação de indicadores de condição de canal e indicadores de justiça. Como exemplo, considere-se o programador proporcional-justo na estrutura
 15 de um programador generalizado de acordo com a modalidade exemplar. A função $f()$ da Equação (1) é definida como um operador de divisões simples. O critério de condição de canal $R_i(t)$ é dado como:

$$R_i(t) = DRC_i(t) / DRC_i(t)_{\text{médio}} \quad (21)$$

20 A métrica de justiça do usuário é dado como:

$$U_i(t) = \text{rendimento}_{\text{médio}_i}(t) / DRC_i(t)_{\text{médio}} \quad (22)$$

Considerando a Equação (1), o método resultante serve ao usuário com o $DRC_i(t) / \text{rendimento}_{\text{médio}_i}$ mais elevado, que é o programador proporcional-justo. Neste
 25 caso, toda a média é feita empregando-se um filtro de Resposta Infinita de Impulso, IIR, com uma constante de tempo predeterminada. O exame das expressões apresentadas acima revela que o(s) ganho(s) da diversidade de multi-usuários é(são) uma função da métrica de condição de canal,
 30 isto é, é(são) introduzido(s) pela métrica de condição de canal. O período de tempo dentro do qual é feita média do DRC para cada usuário é empregado para computar o denominador da métrica de condição de canal. A métrica de

justiça do usuário dá a justiça real no algoritmo. À métrica de condição de canal para cada usuário são dados valores em torno de um. Daí os valores relativos dos rendimentos recebidos por diferentes usuários dentro de um
 5 longo período de tempo serem afetados em sua maior parte pela métrica de justiça do usuário e não pela métrica de condição de canal. Em particular, o rendimento obtido pelos usuários será tal que cada métrica de justiça do usuário obtenha o mesmo valor.

10 Além disso, a métrica de justiça de usuário para um dado usuário pode ser reafirmado como:

$$U_i(t) = (\text{fração de partições servidas}) * \frac{DRCave_{enquanto_servido}}{DRCave}. \quad (23)$$

Se o DRC de todos os usuários (em dB) varia com a mesma estatística em torno da média, a razão de
 15 $DRCave_{enquanto_servida}$ e $DRCave$ é a mesma para todos os usuários, do que resulta uma propriedade de tempo igual do algoritmo.

Uma vantagem de se rescrever uma fórmula de programador proporcional-justo está na obtenção de um
 20 programador de tempo igual. Este programador de tempo igual tem ganhos devidos à diversidade de multi-usuários. A métrica de condição de canal permanece a mesma de acordo com o algoritmo proporcional-justo, mas agora garante tempo igual a cada usuário pela aplicação de um critério de
 25 justiça de usuário definido pela $\text{fração_de_partições_servidas}$. Em uma modalidade, é feita uma média desta fração por meio de um filtro IIR que tem a mesma constante de tempo que é empregada atualmente para o algoritmo proporcional-justo.

30 Além disso, conforme discutido acima, a modalidade exemplar permite a diferenciação de tratamento para usuários individuais ou grupos de usuários de acordo

com um esquema de classificação. Desta maneira, a diferentes usuários podem ser atribuídos diferentes valores de critério de justiça de usuário. Se o critério de justiça de usuário para a classe de usuários j é definido como
 5 sendo:

$$U_i(t) = a_j * \text{rendimento}(t)_{\text{médio}} / \text{DRC}(t)_{\text{médio}} \quad (24)$$

onde a classe de usuários j receberá uma prioridade relativa proporcional a $(1/a_j)$ em comparação com outras classes de usuários. Por exemplo, considerando-se a
 10 aplicação de um algoritmo GOS a um programador generalizado, a métrica de condição de canal é uma para todos os usuários em todos os momentos (isto é, o algoritmo não tira vantagem da diversidade de multi-usuários), e métrica de justiça do usuário é o peso atribuído ao
 15 usuário. Lembre-se que os pesos foram atribuídos de uma maneira que obteve a justiça GOS ao mesmo tempo em que se maximizava o rendimento do setor. A função de combinador é o operador de divisão conforme dado na Equação (10). Este exemplo ilustra que seleções diferentes para f , $A_i(t)$ e
 20 $U_i(t)$ podem afetar um mesmo algoritmo. Em outras palavras, quando as funções de prioridade são avaliadas, o algoritmo resultante é o mesmo para combinações diferentes de f , $A_i(t)$ e $U_i(t)$. Por exemplo, considere-se $f()$ como sendo o operador de subtração, isto é, $f(a,b) = a-b$, com zero como
 25 a métrica de condição de canal, e o peso como a métrica de justiça de usuário. O resultado aproxima-se de um algoritmo GOS, uma vez que o usuário que é atualmente servido é o usuário que tem o peso mais baixo.

No algoritmo de grau de serviço modificado, é
 30 empregado um parâmetro referido como colar, e todos os usuários que têm peso dentro de uma margem ou faixa de um valor de peso mínimo, isto é, de peso_mínimo a (peso_mínimo + colar) são servidos com base na condição de canal. Se

dentro dessa faixa não for encontrado um usuário que tenha dados pendentes para enviar ou que envie um DRC válido, o método seleciona o usuário que tem o peso mínimo entre os usuários. A métrica de justiça de usuário é então definida
5 como sendo um para todos os usuários que tenham um peso dentro da faixa, isto é, entre peso_mínimo e $\text{peso_mínimo} + \text{colar}$ e infinito para todos os demais usuários. Uma variedade de métricas de condição de canal pode ser empregada para aplicação à modalidade exemplar, que
10 incluem, mas não se limitam a: 1) DRC; e 2) DRC/DRCave.

Um programador de tempo igual aperfeiçoado pode ser desenvolvido com base no programador de tempo igual. De acordo com uma modalidade, uma constante de tempo T_c é associada à métrica de justiça de usuário no método de
15 programador de tempo igual aperfeiçoado. A definição do constante de tempo T_c como igual a um número predeterminado de partições pode ser baseada na experiência com uma simulação do tipo de Protocolo de Controle de Transmissão, TCP, na qual as variações de rendimento através de escalas
20 de tempo menores que T_c não são significativas. É possível, entretanto, que diferentes usuários tenham diferente flexibilidade em escalas de tempo aplicadas baseadas na aplicação que está rodando atualmente. Em uma modalidade, a métrica de justiça de usuário continua a computar o
25 rendimento por usuário ou grupo de usuários, em que a computação de métricas de justiça de usuário emprega constantes de tempo individuais, isto é, diferentes, de modo a computar a média por usuário. O uso de diferentes constantes de tempo por usuário resulta em variações
30 diferentes em torno de uma fração média de partições por usuário. São experimentadas pequenas variações pela aplicação de uma constante de tempo pequena. A fração de partições por usuário é mantida aproximadamente igual. Um

aperfeiçoamento semelhante é possível com outras métricas de justiça de usuário, como, por exemplo, a métrica empregada pelo programador proporcional-justo ($\text{rendimento_médio}/\text{DRC_médio}$). A aplicação da função de
 5 prioridade $f()$ apresenta variabilidade diferente com relação ao rendimento de cada usuário individual.

Para operação HDR do sistema 120, a AN 122 e o AT 126 incluem, cada um deles, um processador e pelo menos um dispositivo de armazenamento em memória além de módulos de
 10 processamento de sinais. O processador pode ser uma unidade central de processamento ou pode ser um controlador dedicado. O dispositivo de armazenamento em memória armazena instruções legíveis por computador e/ou rotinas para controle de comunicação dentro do sistema sem fio 120.
 15 Dentro da AN 122, o dispositivo de armazenamento em memória pode armazenar instruções para controlar transmissões de dados. Dentro do AT 126, o dispositivo de armazenamento em memória pode armazenar instruções que controlam transmissões de dados, inclusive solicitações de dados.

20 Em uma modalidade, um sistema de comunicação sem fio suporta um protocolo de transmissão que pode resultar em uma taxa de dados recebida real que é mais elevada que a taxa de dados solicitada. Um sistema que tal é um sistema HDR que incorpora um esquema ARQ. Em tal sistema, o usuário
 25 transmite uma mensagem de solicitação de taxa de dados, como, por exemplo, uma mensagem DRC, a um transmissor, como, por exemplo, uma estação base ou terminal de acesso. A mensagem DRC indica o número total de partições necessárias à transmissão dos dados solicitados. O
 30 transmissor envia os dados em menos que o número total de partições indicadas na mensagem DRC. Se o receptor for capaz de decodificar as informações em menos que o número total de partições, o receptor envia uma mensagem de

confirmação ao transmissor e o transmissor termina a transmissão. Caso contrário, se o transmissor não receber uma confirmação, a transmissão continua e pode continuar de modo a transmitir para o número total identificado de 5 partições se nenhuma confirmação for recebida.

Uma vez que a taxa de dados de recepção pode ser diferente da taxa de dados solicitada, o projetista do sistema pode desejar usar a taxa de dados recebida real para fins de programação. Existe um problema na 10 determinação da taxa de dados recebida, uma vez que esta taxa não é conhecida *a priori* pelo transmissor, mas, antes, é determinada *in situ* durante o processo de transmissão. Em outras palavras, o transmissor conhece a taxa de dados solicitada, como, por exemplo, o DRC, e começa a transmitir 15 ao receptor com o entendimento de que a transmissão pode exigir todos as partições identificadas pelo DRC. O transmissor descobre que o receptor é capaz de aceitar a transmissão em um número menor de partições quando o receptor enviar uma mensagem de confirmação. Isto ocorre 20 tipicamente depois que o algoritmo de programação tiver determinado uma seleção. Com efeito, um sistema de comunicação sem fio que suporta uma camada física com um esquema do tipo ARQ desacopla a taxa solicitada pelo DRC e a taxa recebida real. A justiça de programação sofre um 25 impacto quando o DRC é empregado na seleção de um alvo de transmissão.

Como exemplo, considere-se um sistema que tem dois terminais de acesso, AT1 e AT2. O AT1 solicita dados através de um total de duas partições para uma taxa de 30 307,2 kbps, e o AT2 solicita dados através de um total de uma partição para uma taxa de 614,4 kbps. Aplicando-se um algoritmo de programação do tipo proporcional-justo, o AT1 e o AT2 será programado para tempo igual, em que o

rendimento do AT1 será metade do rendimento do AT2, isto é, o rendimento do AT1 será de 153,6 kbps, o rendimento do AT2 será de 307,2 kbps. Se o AT1 enviar uma mensagem de confirmação depois que uma transmissão de partição for
5 recebida todo o tempo, a taxa recebida para o AT1 é de 614,4 kbps. Portanto, o rendimento do AT1 é de 204,8 kbps ou $1/3$ de 614,4 kbps, e o rendimento do AT2 é de 409,6 kbps ou $2/3$ de 614,4 kbps. A distribuição de tempo é então programada como $1/3$ para o AT1 e $2/3$ para o AT2. O critério
10 de justiça seria violado. É desejável que os usuários obtenham rendimento em proporção à taxa de dados recebida e não à taxa solicitada. Uma vez que os esquemas do tipo ARQ tendem a beneficiar as taxas de dados dos usuários que têm taxas de dados baixos, os algoritmos do tipo proporcional-
15 justo típicos contarão com esse benefício pela redistribuição dos recursos do sistema para todos os usuários.

Uma modalidade, discutida acima, soluciona este problema pela combinação do algoritmo do tipo proporcional-
20 justo com uma programação do tipo GOS. Para intervalos de tempo curtos, o processo de combinação emprega o algoritmo do tipo proporcional-justo e aplica as restrições GOS dentro de um intervalo de tempo mais longo. Uma vez que o critério de justiça GOS avalia o número total de bits ou
25 bytes enviados dentro de um período pré-definido de tempo, a taxa de dados solicitada real não entrada diretamente no processo de seleção.

Em um algoritmo GOS desigual, dois graus podem ser aplicados: alto e baixo. A cada usuário é atribuído um
30 peso, conforme discutido acima. Quando um usuário de grau elevado é servido, isto é, é o receptor de uma transmissão de dados, o peso do usuário é aumentado em um valor predeterminado, como, por exemplo, um. Quando um usuário de

grau baixo é servido, o peso do usuário é aumentado em um valor ajustado, em que o valor ajustado é o valor predeterminado ajustado por um fator de ganho G . Um dado usuário altera os graus dependendo da taxa de dados solicitada e do rendimento médio. Os usuários acima de um valor de rendimento limite são atribuídos ao grau elevado e são destinados a elevar o valor de rendimento médio. Os usuários abaixo do limite são atribuídos ao grau baixo de modo a reduzir ao mínimo qualquer impacto sobre o rendimento. O limite pode ser computado por partição por meio do DRC de modo a determinar um rendimento médio teórico obtenível empregando-se um programador do tipo GOS. O cálculo pode ignorar as variações de canal.

Existe um problema para o algoritmo GOS, conforme descrito acima para o algoritmo proporcional-justo, uma vez que o DRC difere da taxa de dados recebida real. Uma modalidade soluciona o problema rastreando o rendimento médio real por setor por meio de um filtro IIR. A constante de tempo do filtro pode ser fixada em um valor determinado por simulação ou em operação. De acordo com esta modalidade, o rendimento de um dado setor ou célula é definido como:

$$T[n+1]=T[n]*(1-\alpha)+\alpha*R[n] \quad (25)$$

onde T é o limite, R é a taxa de serviço no exemplo de tempo n , e α é um valor predeterminado. O rendimento é então empregado como um limite para atribuir usuários de grau alto e baixo.

De modo a tirar também vantagem da diversidade de multi-usuários ao mesmo tempo em que se aplica um algoritmo de programação do tipo GOS modificado e descrito acima, uma modalidade aplica um período de tempo predeterminado. Dentro do período de tempo, o processo tira vantagem da diversidade de multi-usuários, e ao longo do período de

tempo é aplicado um algoritmo de programação do tipo GOS. O método rastreia a média recente das taxas de dados solicitadas para cada usuário fazendo-se o DRC correspondente através de um filtro IIR. Para cada usuário, 5 é calculada uma razão do DRC atual para a taxa de dados solicitada média recente. O usuário que tem a razão mais elevada recebe serviço. Em uma modalidade alternativa, o usuário que tem a razão mais elevada recebe serviço se todos os pesos estiverem dentro de um faixa de valores 10 predeterminada. Uma vez que o valor do DRC é parte do numerador e do denominador da razão, espera-se que o processo de seleção reflita as taxas de dados recebidas reais e não as taxas solicitadas.

Ainda outra modalidade procura solucionar a 15 discrepância entre a taxa de dados solicitada e a taxa de dados recebida pela modificação do algoritmo de programação do tipo proporcional-justo. O algoritmo de programação do tipo proporcional-justo é baseado na razão da taxa de dados solicitada para o rendimento por usuário, em que o usuário 20 que tem a razão mais elevada é selecionado para serviço. O rendimento é calculado como:

$$T_{ave}[n+1]=T_{ave}[n]*(1-\alpha)+\alpha*R[n] \quad (26)$$

onde T_{ave} é o limite médio, R é a taxa de serviço no exemplo de tempo n e α é um valor predeterminado. A modificação 25 altera o valor do rendimento, definido como:

$$T_{ave}[n+1]=T_{ave}[n]*(1-\alpha)+\alpha*DRC[n] \quad (27)$$

A aplicação do DRC no cálculo do valor limite médio resulta em um limite médio que é potencialmente mais baixo que o rendimento recebido real. Pela redução do denominador da 30 razão da taxa de dados solicitada para o rendimento médio, a razão é aumentada, obtendo-se assim o efeito desejado.

Deste modo, foram descritos um método e um equipamento inéditos e aperfeiçoados para programar transmissões em um sistema de comunicação. Os que conhecem a técnica entenderiam que os dados, instruções, comandos, 5 informações, sinais, bits, símbolos e chips referidos ao longo da descrição acima são vantajosamente representados por voltagens, correntes, ondas eletromagnéticas, campos ou partículas magnéticas, campos ou partículas ópticas ou qualquer combinação deles. Os que conhecem a técnica 10 entenderiam também que os diversos blocos, módulos, circuitos e etapas algorítmicas ilustrativos descritos em relação com as modalidades apresentadas no presente relatório podem ser implementados como hardware eletrônico, software de computador ou combinações de ambos. Os diversos 15 componentes, blocos, módulos, circuitos e etapas foram descritos genericamente em termos de sua funcionalidade. Se a funcionalidade é implementada como hardware ou software depende das limitações de aplicação e projeto específicas impostas ao sistema total. Os habilitados na técnica 20 reconhecem a intermutabilidade do hardware e do software nestas circunstâncias e como melhor implementar a funcionalidade descrita para cada aplicação específica. Como exemplo, os diversos blocos, módulos, circuitos lógicos e etapas algorítmicas ilustrativos descritos em 25 relação com as modalidades apresentadas no presente relatório podem ser implementados ou executados com um processador de sinais digitais (DSP), um circuito integrado de aplicação específica (ASIC), um arranjo de portas programável em campo (FPGA) ou outro dispositivo lógico 30 programável, uma lógica de porta ou transistor discreta, componentes de hardware discretos, tais como, por exemplo, registradores e FIFO, um processador que execute um conjunto de instruções de firmware, qualquer módulo de

software programável convencional e um processador, ou qualquer combinação deles projetada para desempenhar as funções descritas aqui. O processador pode ser vantajosamente um microprocessador, mas, alternativamente, 5 o processador pode ser qualquer processador, controlador, microcontrolador, dispositivo lógico programável, arranjo de elementos lógicos ou máquina de estado convencionais. O módulo de software pode residir em memória RAM, memória flash, memória ROM, memória EPROM, memória EEPROM, 10 registradores, disco rígido, em um disco removível, em um CD-ROM ou em qualquer outra forma de meio de armazenamento conhecido na técnica. Um processador exemplar é vantajosamente acoplado ao meio de armazenamento de modo a ler informações do, e gravar informações no, meio de 15 armazenamento. Alternativamente, o meio de armazenamento pode ser integrante com o processador. O processador e o meio de armazenamento podem residir em um ASIC. O ASIC pode residir em um telefone ou outro terminal de usuário. Alternativamente, o processador e o meio de armazenamento 20 podem residir em um telefone ou outro terminal de usuário. O processador pode ser implementado como uma combinação de DSP e microprocessador, ou como dois microprocessadores em conjunto com um núcleo de DSP, etc.

Foram assim mostradas e descritas modalidades 25 preferidas da presente invenção. Seria evidente aos que lidam com a técnica, contudo, que numerosas alterações podem ser feitas nas modalidades aqui apresentadas sem que se abandone o espírito ou alcance da invenção. Portanto, a presente invenção não deve ser limitada exceto quando de 30 acordo com as reivindicações seguintes.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de programação em um sistema de comunicação sem fio, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

5 receber indicadores de condição de canal de uma pluralidade de usuários móveis, sendo que os indicadores de condição de canal correspondem a comunicações de link direto;

 determinar um indicador de equidade como uma
10 função da capacidade de transmissão para a pluralidade de usuários móveis; e

 determinar um programa de transmissão para a pluralidade de usuários móveis, sendo que o programa de transmissão é uma função dos indicadores de condição de
15 canal e dos indicadores de equidade.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a determinação de um programa de transmissão compreende adicionalmente:

 calcular indicadores de programação para a
20 pluralidade de estações móveis como uma função do indicador de condição de canal e do indicador de equidade; e

 selecionar pelo menos uma da pluralidade de estações móveis para uma transmissão seguinte com base nos indicadores de programação.

25 3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a determinação do programa de transmissão compreende adicionalmente:

 calcular uma função do indicador de condição de canal como:

30 $A_i(t) = f(B_i(t) / B_AVE_i(t))$ para $i=1, \dots, N$,
sendo que $A_i(t)$ é uma função do indicador de condição de canal para uma i -ésima estação móvel, $B_i(t)$ é o indicador de condição de canal a partir da i -ésima estação móvel no

momento t , $B_AVE_i(t)$ é um valor médio dos indicadores de condição de canal recebidos recentemente a partir da i -ésima estação móvel, e N é o número total de estações móveis da pluralidade de estações móveis.

5 4. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o indicador de condição de canal é uma solicitação de controle de taxa de dados, e o valor médio dos indicadores de condição de canal é uma solicitação de controle de taxa de dados filtrada a partir
10 da i -ésima estação móvel.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o cálculo de uma função do indicador de condição de canal compreende:

calcular a solicitação de controle de taxa de
15 dados filtrada da i -ésima estação móvel no momento t como:

$$B_AVE_i(t+1) = B_AVE_i(t) [1 - (1/T_c)] + B_i(t) [1/T_c],$$

onde T_c é um período de tempo de equidade.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o cálculo de uma função do
20 indicador de condição de canal compreende adicionalmente:

atribuir um peso a cada uma das solicitações de controle de taxa de dados recebidas recentemente.

7. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o cálculo de indicadores de
25 programação compreende:

para cada uma da pluralidade de estações móveis, determinar uma razão de um indicador de condição de canal correspondente para um indicador de equidade correspondente.

30 8. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, para cada estação móvel, o indicador de equidade é uma fração do tempo em que a

estação móvel foi servida durante um período de tempo de equidade.

9. Rede de acesso (122) em um sistema de comunicação sem fio (100, 120), caracterizada pelo fato de
5 que compreende:

dispositivos de recepção para receber indicadores de condição de canal de uma pluralidade de usuários móveis (106), sendo que os indicadores de condição de canal correspondem a comunicações de link direto;

10 dispositivos para determinar (814, 824) um indicador de equidade como uma função da capacidade de transmissão para a pluralidade de usuários móveis; e

dispositivos para determinar (812, 832) um programa de transmissão para a pluralidade de usuários
15 móveis, sendo que o programa de transmissão é uma função dos indicadores de condição de canal e dos indicadores de equidade.

10. Método para programar transmissões de dados em um sistema de comunicação sem fio, caracterizado pelo
20 fato de que compreende as etapas de:

receber um valor para um parâmetro de prioridade de entrega a partir de cada um de uma pluralidade de usuários móveis;

se qualquer um dos parâmetros de prioridade de entrega forem de tipos diferentes, mapear cada parâmetro de
25 prioridade de entrega em um parâmetro de prioridade mapeado; e

determinar um ponto de operação com base nos parâmetros de prioridade mapeados da pluralidade de
30 usuários móveis.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

para cada um da pluralidade de usuários móveis, aplicar um valor de parâmetro de prioridade mapeado correspondente ao ponto de operação; e

5 determinar um valor de parâmetro de prioridade de entrega correspondente ao valor de parâmetro de prioridade mapeado.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que um primeiro parâmetro de prioridade de entrega é uma atribuição de tempo desejada.

10 13. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que um segundo parâmetro de prioridade de entrega é uma capacidade de transmissão desejada.

14. Método, de acordo com a reivindicação 11, 15 caracterizado pelo fato de que um terceiro parâmetro de prioridade de entrega é um retardo desejado.

15. Controlador de sistema em um sistema de comunicação sem fio (100, 120), caracterizado pelo fato de que compreende:

20 dispositivos para receber um parâmetro de prioridade de entrega a partir de cada um de uma pluralidade de usuários móveis (106);

dispositivos para mapear cada parâmetro de prioridade de entrega para um parâmetro de prioridade 25 mapeado; e

dispositivos para determinar um ponto de operação com base nos parâmetros de prioridade mapeados da pluralidade de usuários móveis.

16. Equipamento de transmissão em um sistema de 30 comunicação sem fio (100, 120), caracterizado pelo fato de que compreende:

um elemento de processamento; e

um elemento de armazenamento em memória acoplado ao elemento de processamento, o elemento de armazenamento em memória adaptado para armazenar instruções legíveis por computador para implementar:

5 recepção (1202) de um parâmetro de prioridade de entrega a partir de cada um de uma pluralidade de usuários móveis;

 mapeamento (1206) de cada parâmetro de prioridade de entrega em um parâmetro de prioridade mapeado; e
10

 determinação (1208) de um ponto de operação com base nos parâmetros de prioridade mapeados de cada um da pluralidade de usuários móveis.

15 17. Equipamento, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que as instruções legíveis por computador implementam adicionalmente:

 aplicar o ponto de operação a cada um da pluralidade de usuários móveis, sendo que o ponto de
20 operação determina valores de parâmetros de prioridade mapeados correspondentes a cada um da pluralidade de usuários móveis.

 18. Equipamento, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que as instruções legíveis
25 por computador implementam adicionalmente:

 programar (1212) a pluralidade de usuários móveis de acordo com o ponto de operação utilizando os valores de parâmetros de prioridade mapeados.

 19. Equipamento de infra-estrutura sem fio,
30 caracterizado pelo fato de que compreende:

 uma unidade de programação de canal adaptada para programar transmissões a uma pluralidade de receptores; e

um seletor de equidade adaptado para aplicar uma pluralidade de parâmetros de prioridade de entrega recebidos da pluralidade de receptores.

20. Equipamento, de acordo com a reivindicação
5 19, caracterizado pelo fato de que a unidade de programação de canal programa transmissões com base na pluralidade de parâmetros de prioridade de entrega e nos indicadores de condição de canal recebidos da pluralidade de receptores.

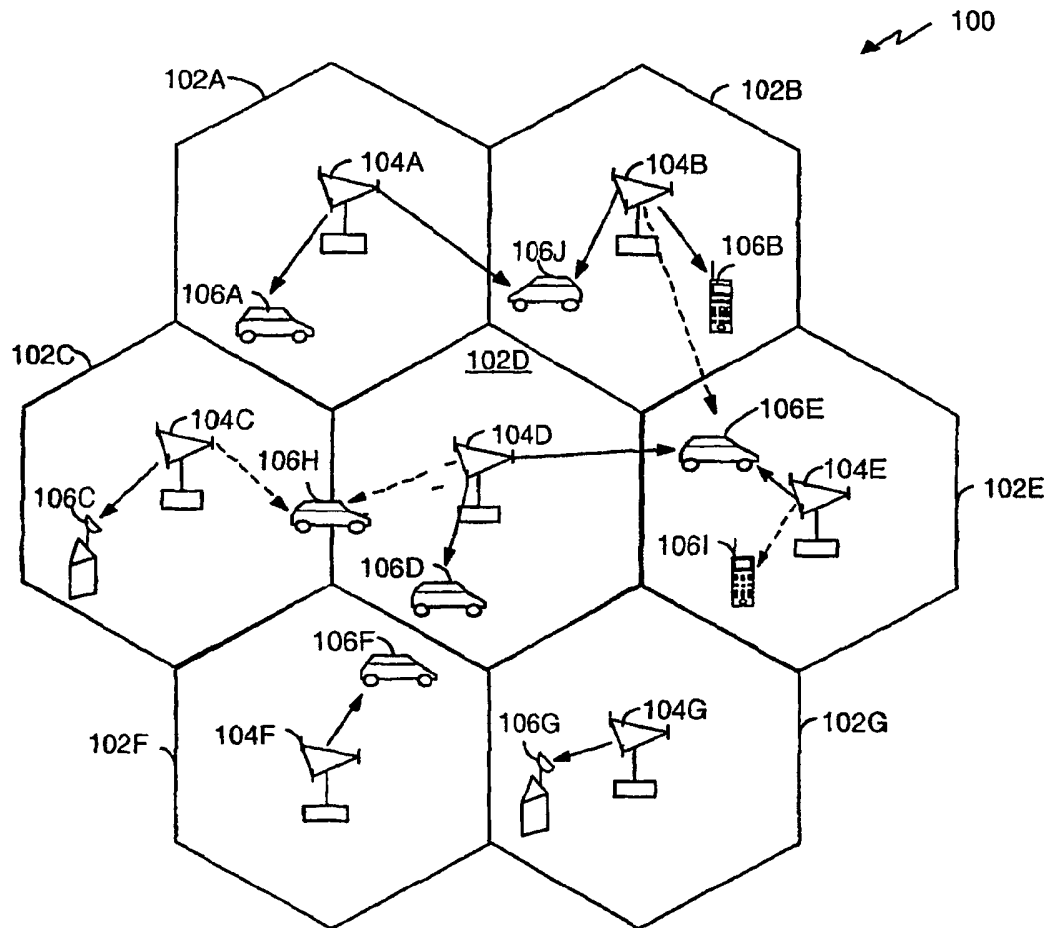


FIG. 1A

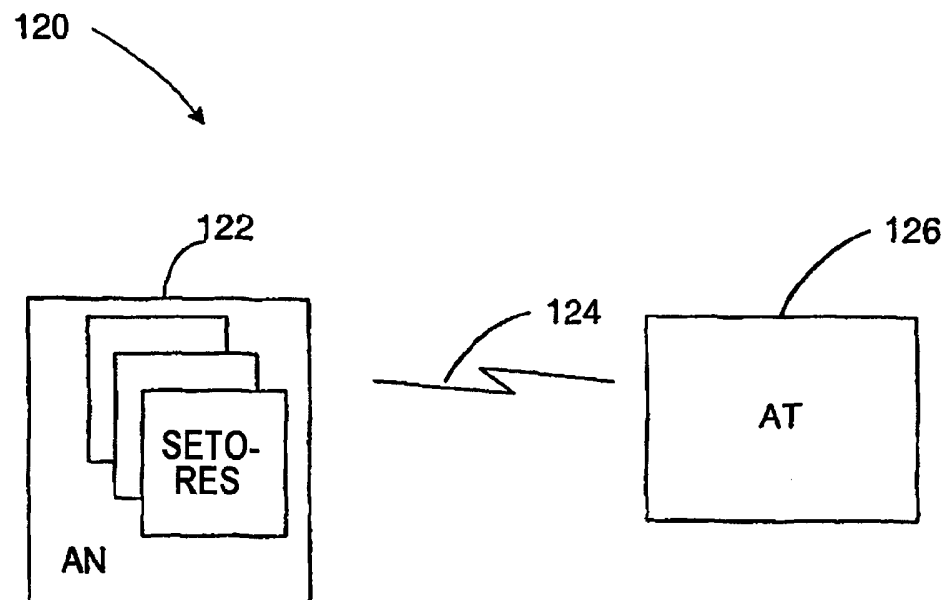


FIG. 1B

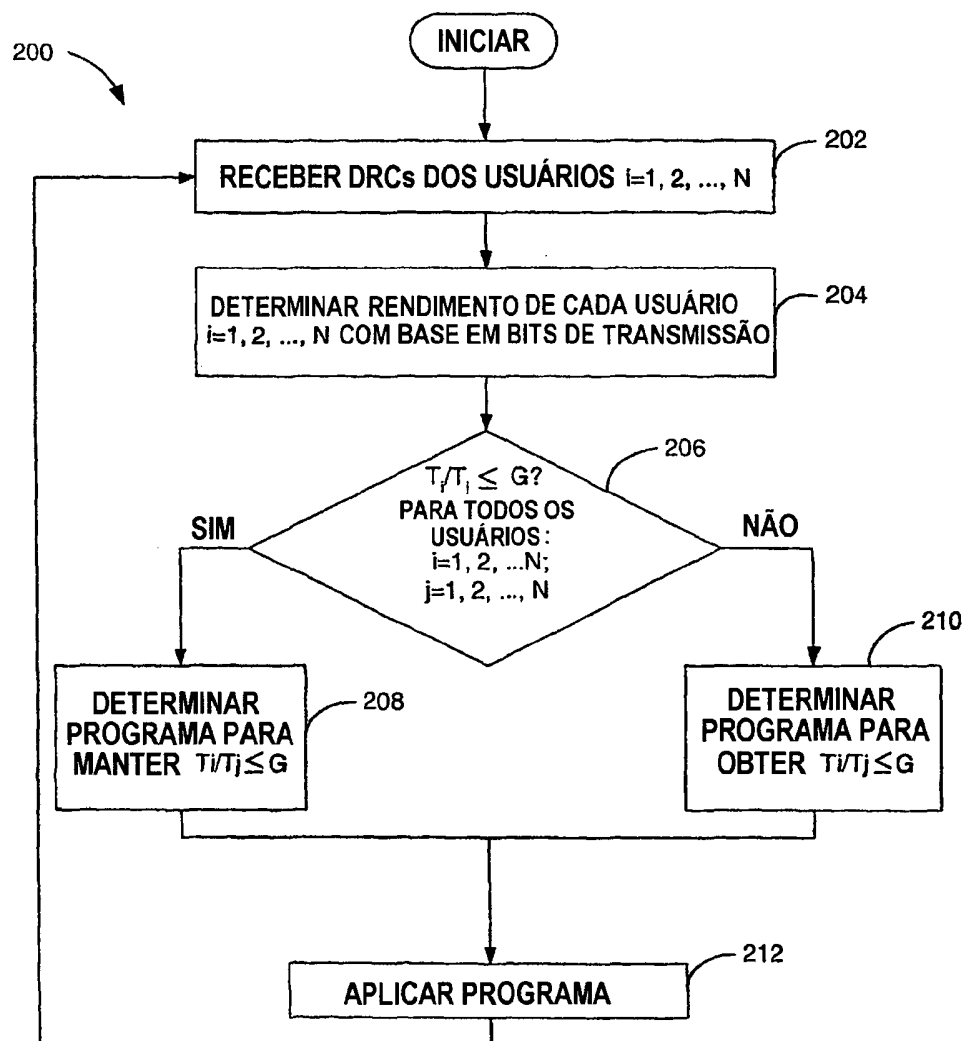


FIG. 2

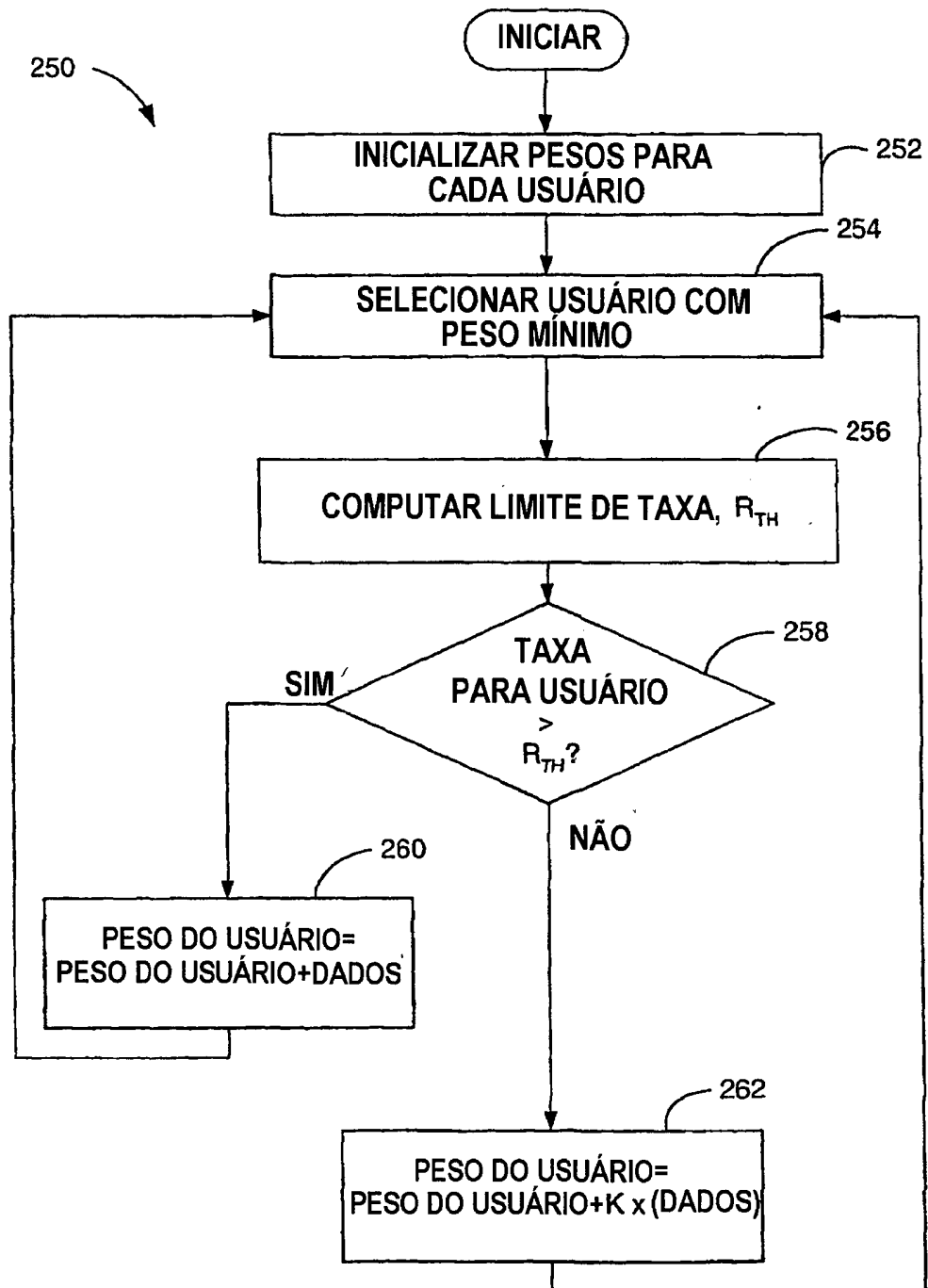


FIG. 3

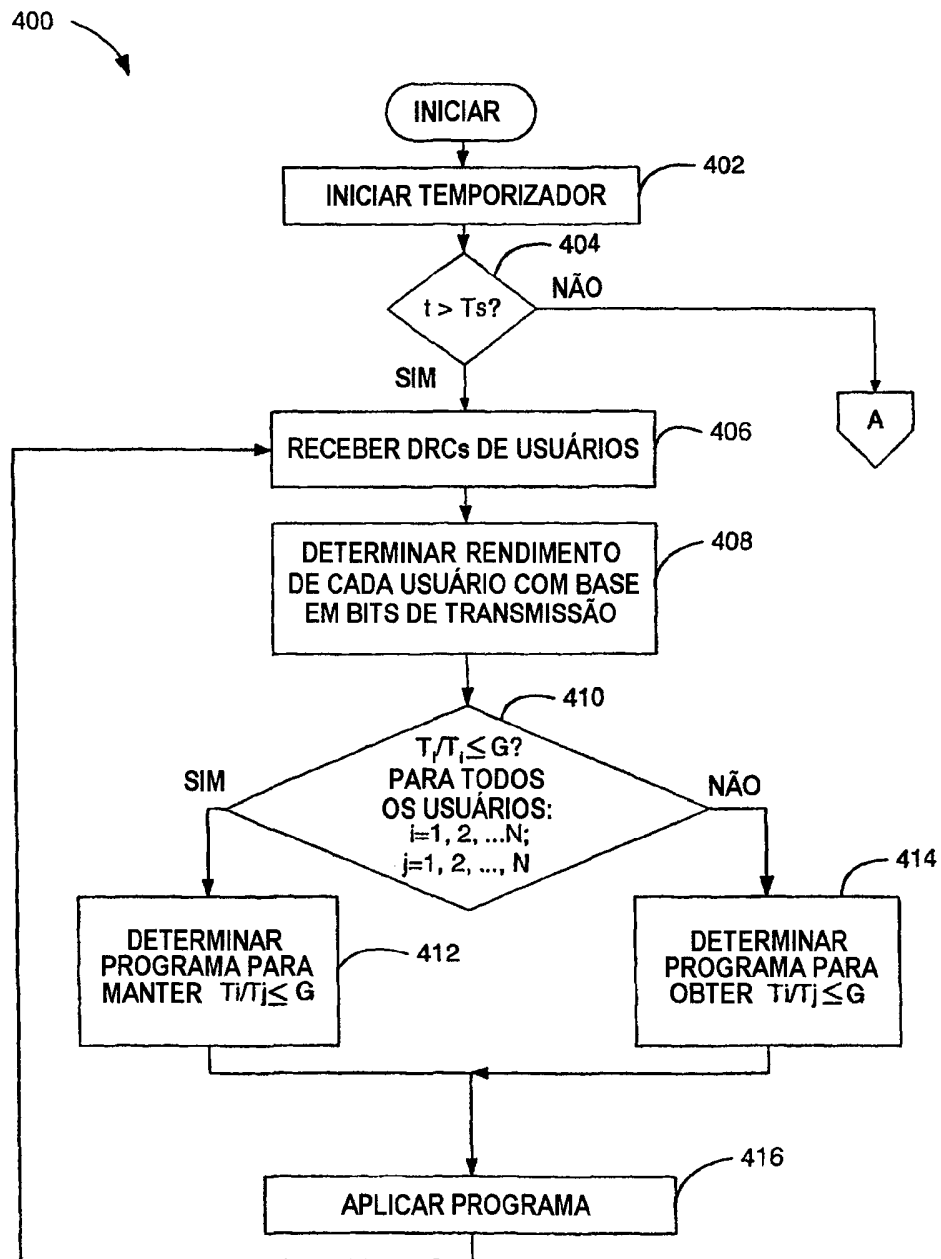


FIG. 4A

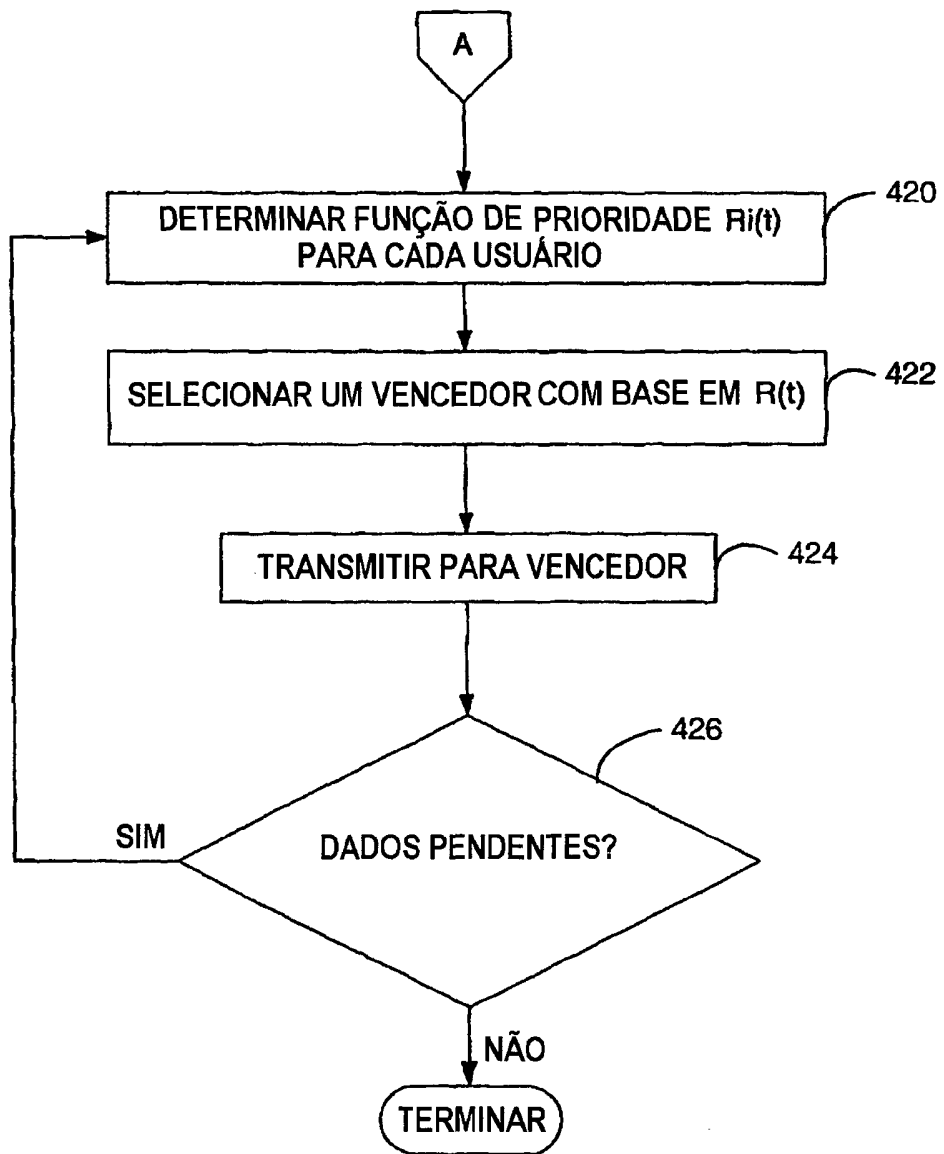


FIG. 4B

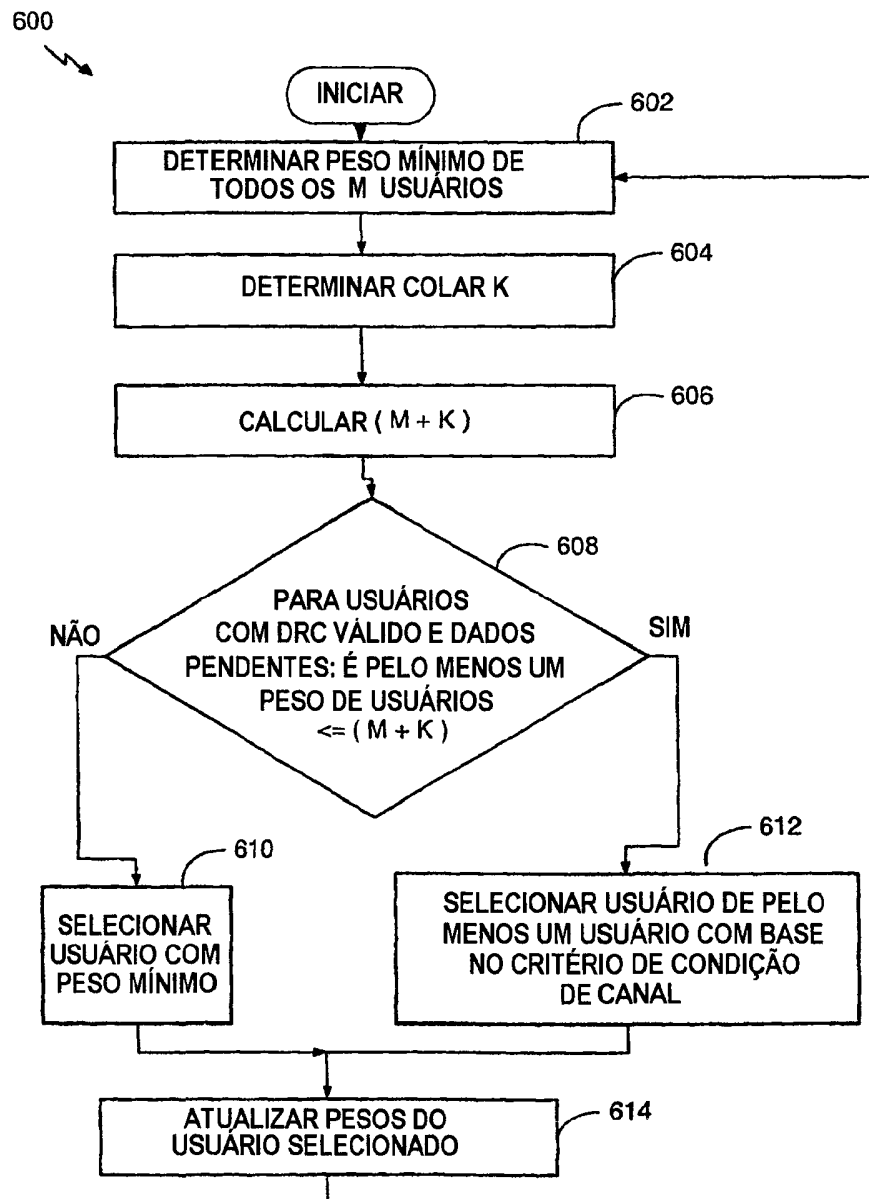
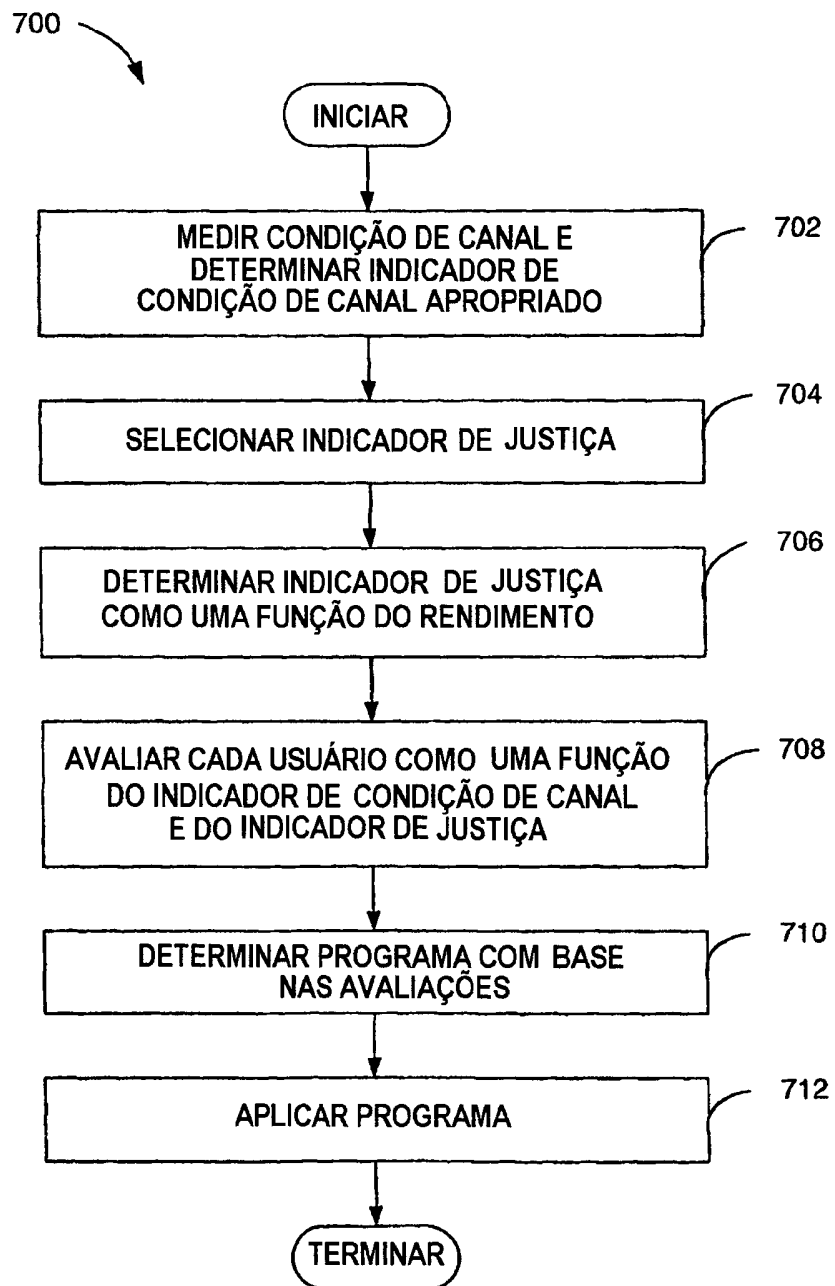


FIG. 5

**FIG. 6**

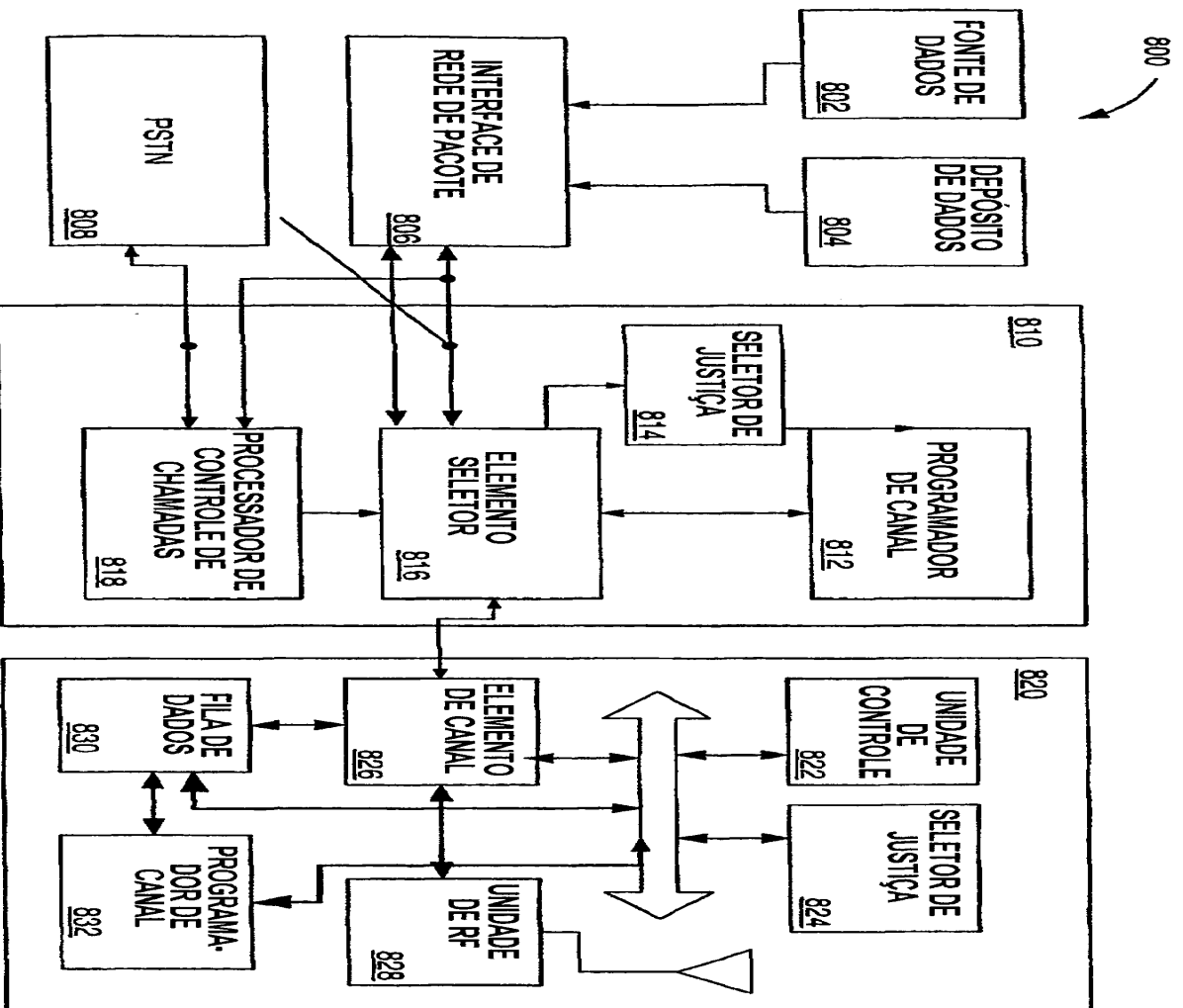


FIG. 7

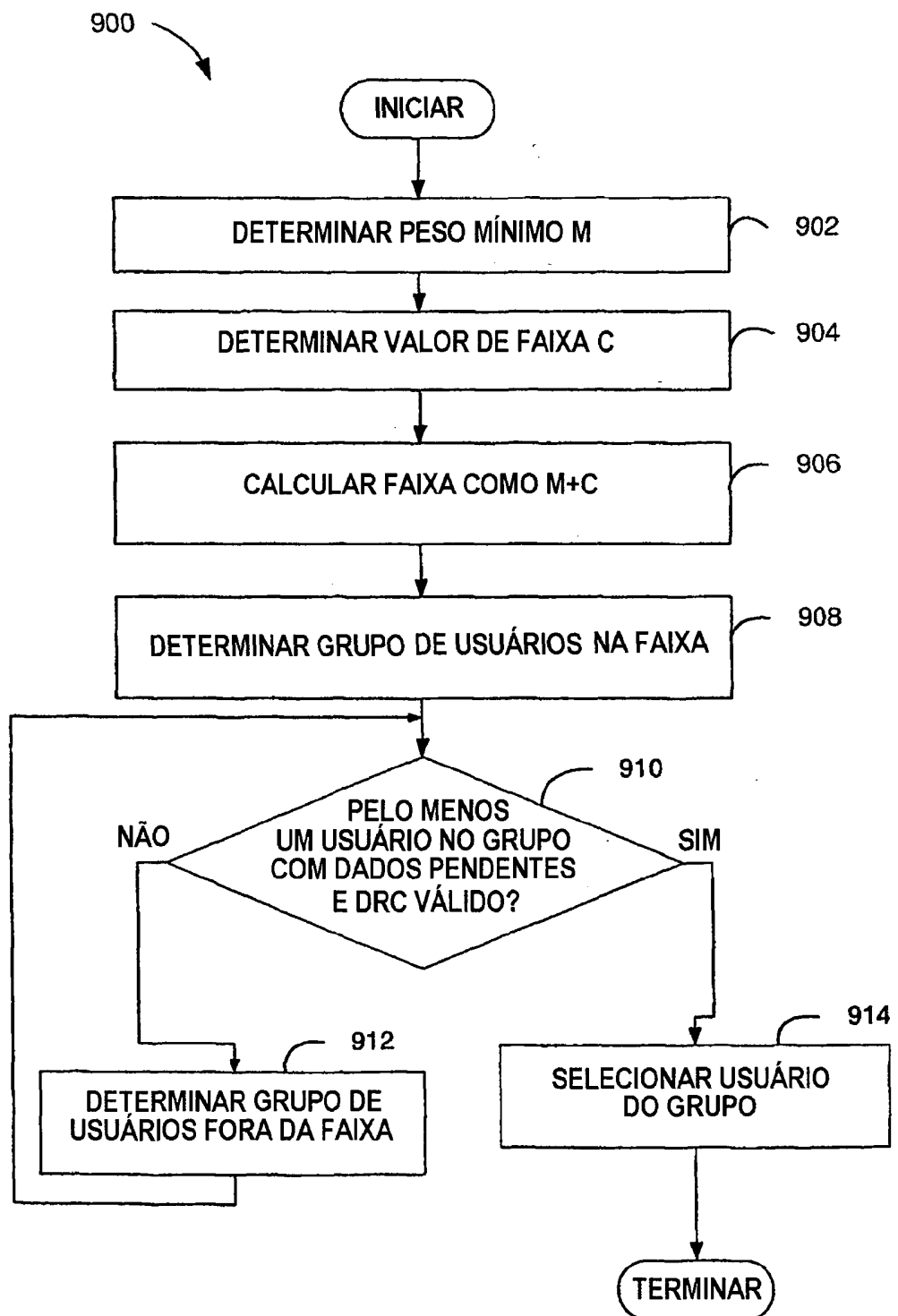
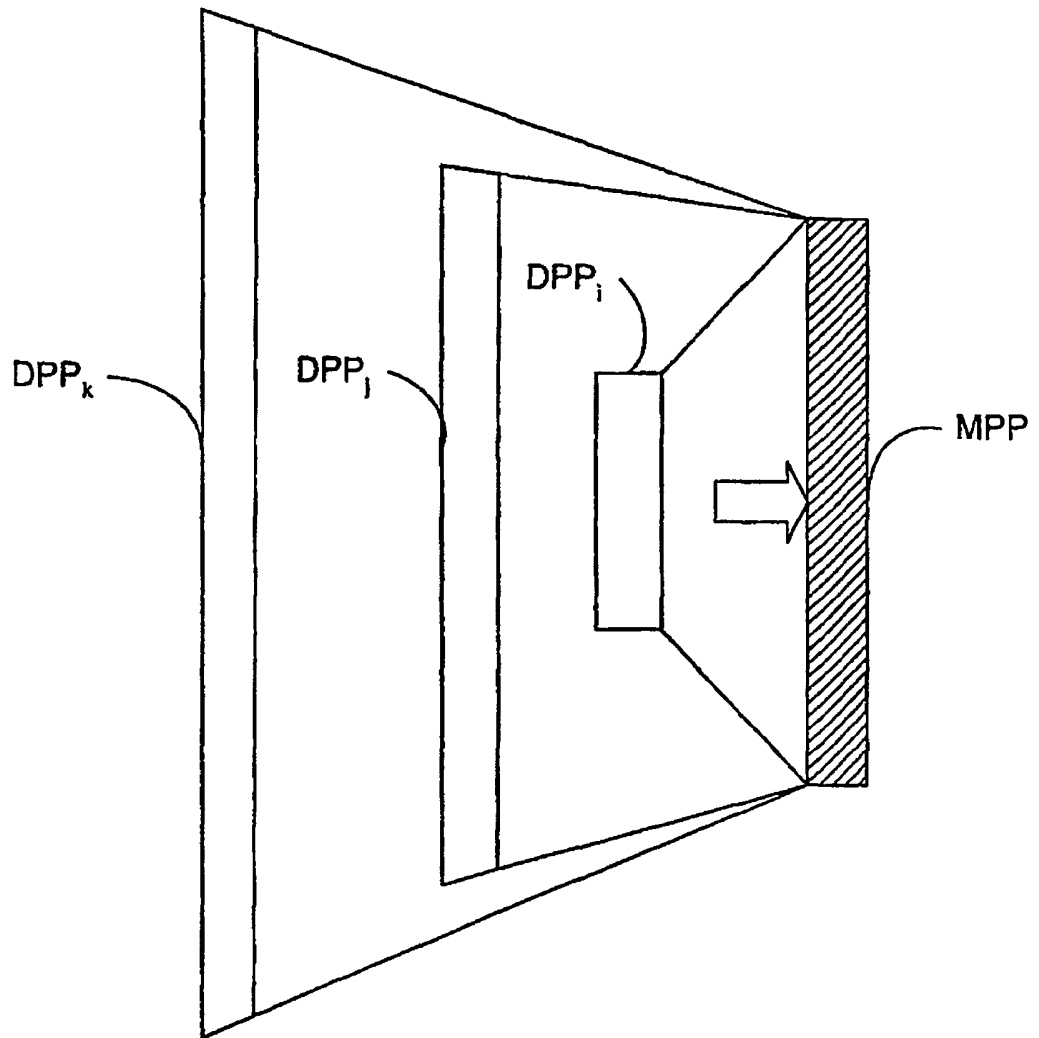


FIG. 8

**FIG. 9A**

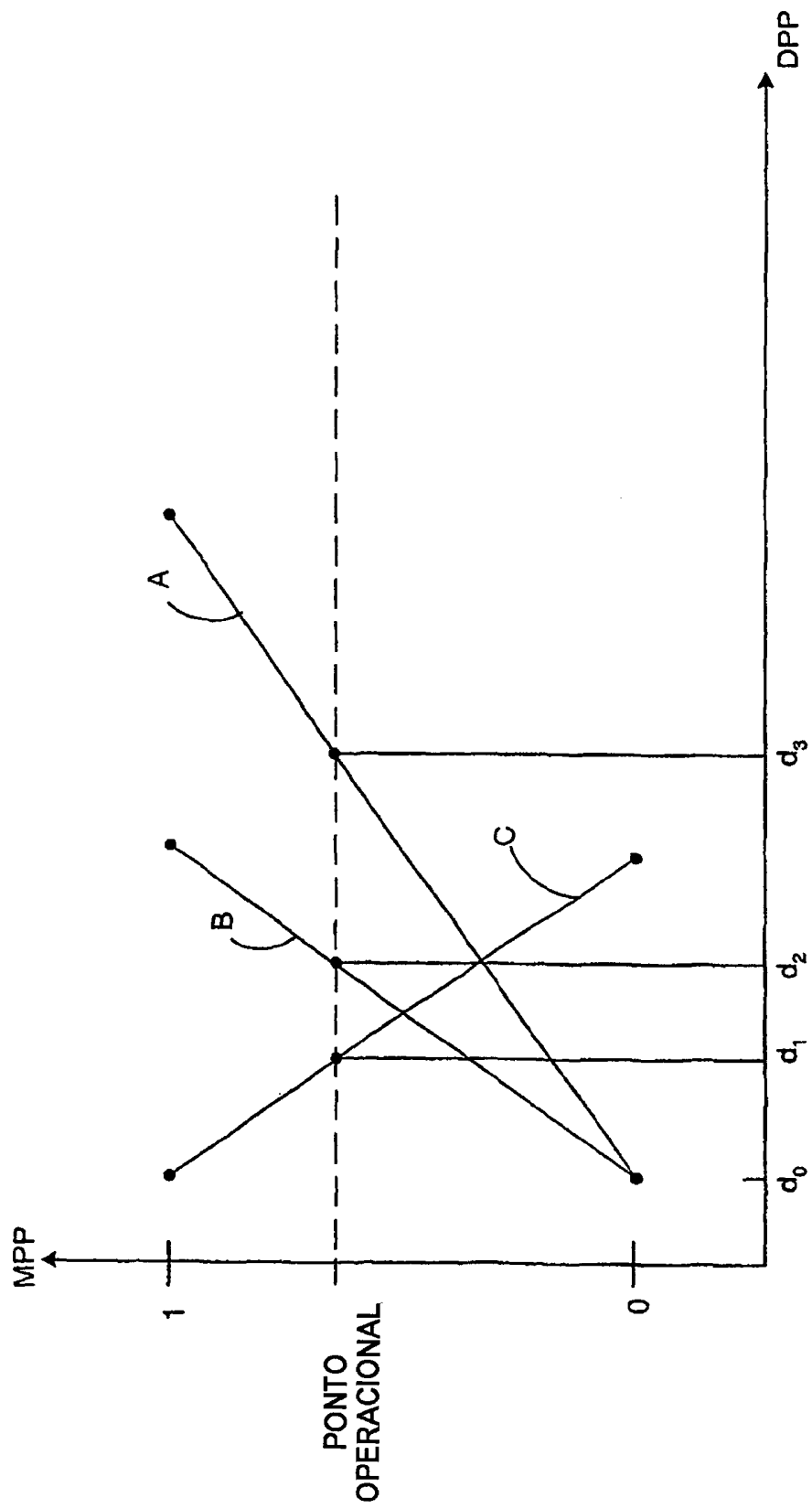
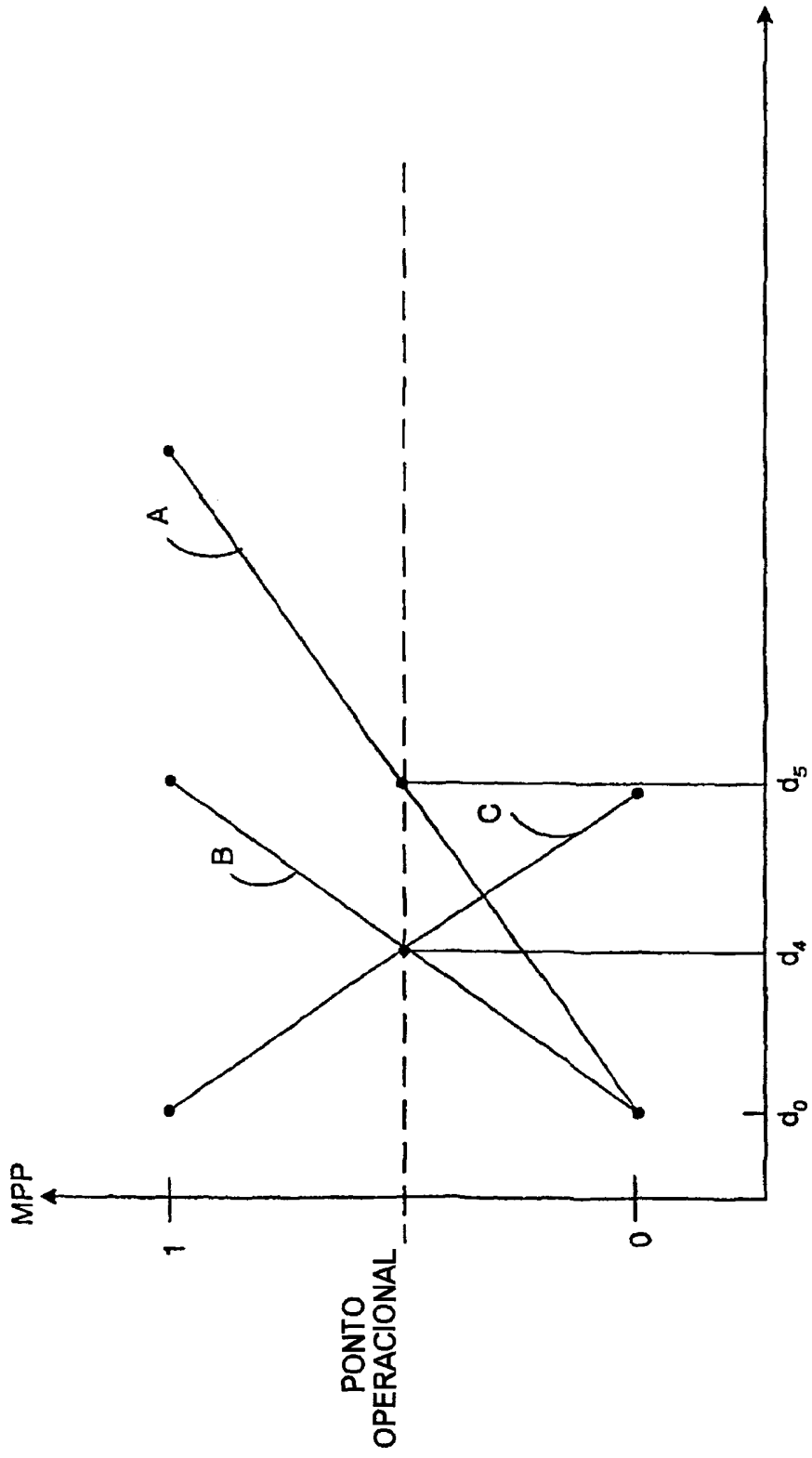


FIG. 9B

**FIG. 9C**

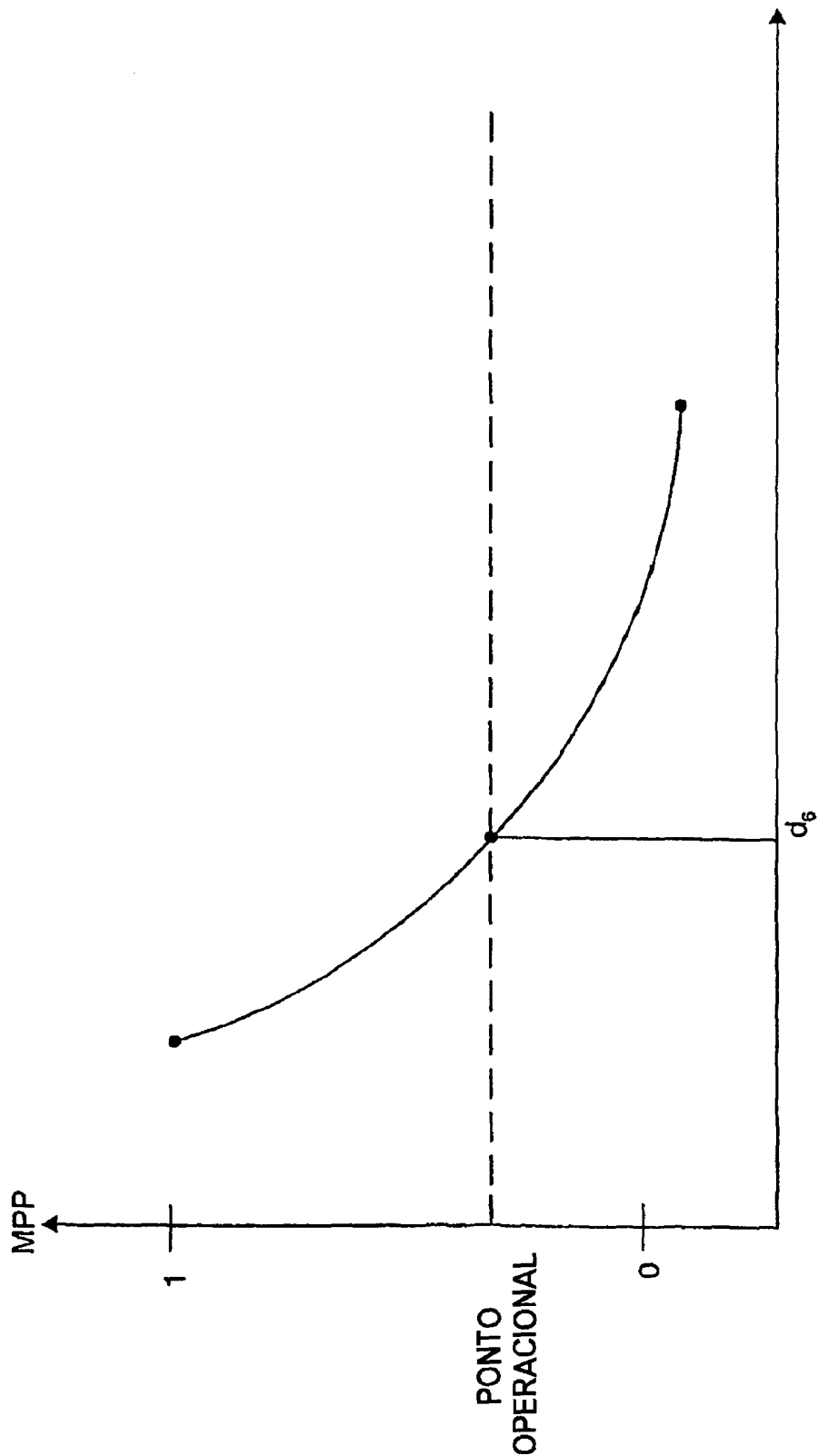


FIG. 9D

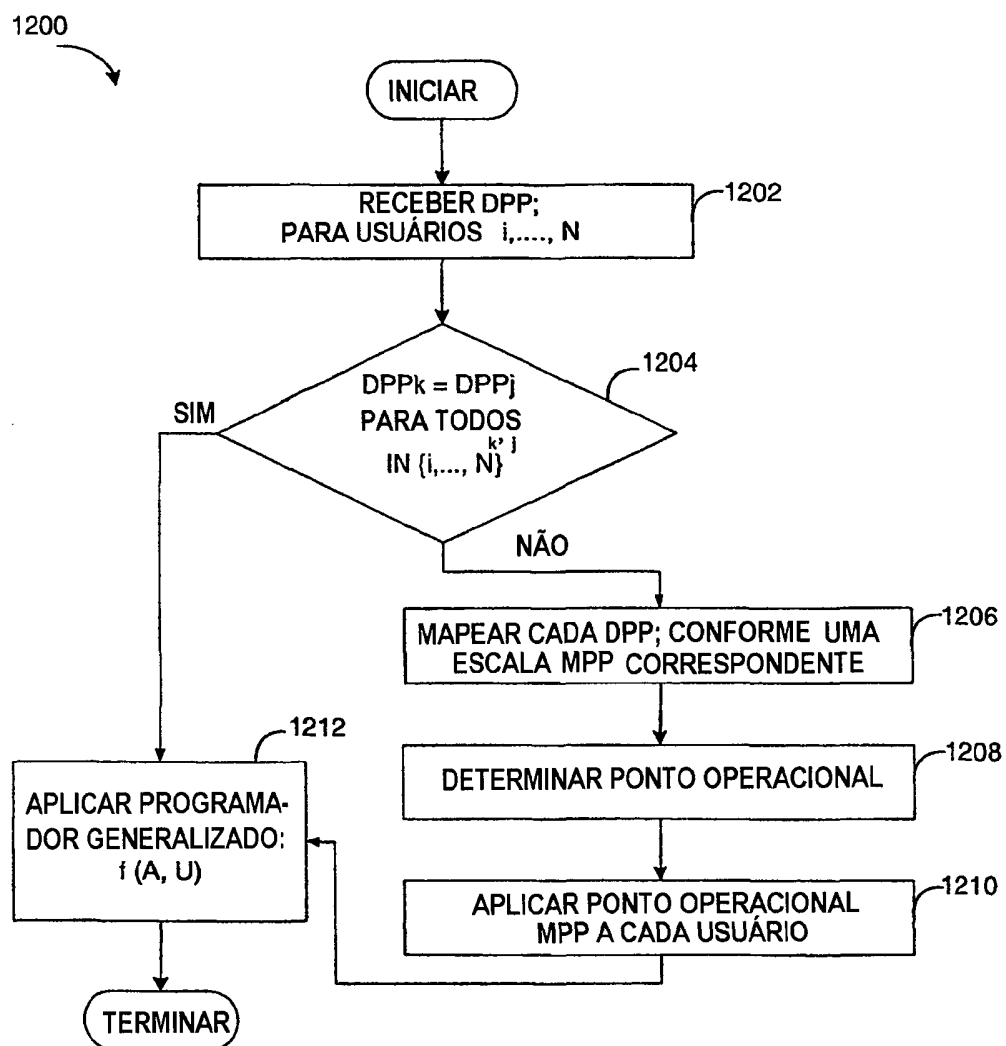


FIG. 10

RESUMO

"MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA PROGRAMAR TRANSMISSÕES EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÕES SEM FIO"

Trata-se de um método e um equipamento para um
5 programador generalizado (400) para programar transmissões
em um sistema de comunicação (100, 120). O programador é
definido por uma função de prioridade dos critérios de
condição de canal e de equidade. O programador generalizado
é adaptado para aplicar diversas combinações de métricas de
10 condição de canal e métricas de equidade do usuário. O
programador distingue entre classes de usuários, o que
permite processamento individual por classe. Em uma
modalidade, um controlador de sistema recebe um parâmetro
de prioridade de entrega (DPP) para cada um de uma
15 pluralidade de usuários (1202) e mapeia cada DPP conforme
um parâmetro de prioridade mapeado (MPP) comum (1206). Um
ponto de operação é determinado (1208) e um valor de MPP
correspondente para cada um dos usuários é aplicado (1210),
de modo a programarem transmissões.