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

(11) PI 0520578-6 B1

(22) Data do Depósito: 30/09/2005

(45) Data de Concessão: 06/11/2018

(54) Título: MÉTODO PARA PLANEJAR UMA REDE DE TELECOMUNICAÇÕES MÓVEL CELULAR, MEMÓRIA LEGÍVEL POR COMPUTADOR, E, REDE DE TELECOMUNICAÇÕES MÓVEL CELULAR

(51) Int.Cl.: H04W 16/02; H04W 16/18; H04W 16/08.

(73) Titular(es): TELECOM ITALIA S.P.A.

(72) Inventor(es): MASSIMILIANO PANICO; INDRO FRANCALANCI.

(86) Pedido PCT: PCT EP2005010591 de 30/09/2005

(87) Publicação PCT: WO 2007/038955 de 12/04/2007

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/03/2008

(57) Resumo: MÉTODO PARA PLANEJAR UMA REDE DE TELECOMUNICAÇOES MÓVEL CELULAR, SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE DADOS, PROGRAMA DE COMPUTADOR, E, REDE DE TELECOMUNICAÇÕES MOVEL CELULAR. Um método para planejar uma rede de telecomunicações móvel celular (100) incluindo pelo menos uma célula de rede (C1, ..., Cn) e pretendida para prover serviços de rede para usuários (125) localizados em dita célula de rede. O método inclui: a) inicializar (305), para pelo menos uma célula de rede, uma área de serviço e uma potência de transmissão para cada equipamento de usuário; b) estimar (310) uma potência total recebida por pelo menos uma célula de rede de equipamentos de usuário localizados na área de serviço e usar o pelo menos um serviço de rede; c) baseado na potência total recebida estimada, variar (315) as potências de transmissão requeridas para equipamentos de usuário localizados na área de serviço a fim de alcançar uma constrangimento de qualidade de serviço visada para o pelo menos um serviço de rede; d) iterar (320) as etapas b) e c) até que uma condição de estabilidade seja alcançada, em que a variação de potência de transmissão para pelo menos uma fração predeterminada dos equipamentos de usuário é mais baixa do que um limiar predeterminado; e) calcular (330) uma potência (...).

"MÉTODO PARA PLANEJAR UMA REDE DE TELECOMUNICAÇÕES MÓVEL CELULAR, MEMÓRIA LEGÍVEL POR COMPUTADOR, E, REDE DE TELECOMUNICAÇÕES MÓVEL CELULAR"

Campo da Invenção

[001] A presente invenção relaciona-se geralmente ao campo de telecomunicação, particularmente a redes de telecomunicações móveis, permitindo comunicações entre usuários móveis. Mais especificamente, a invenção relaciona-se a redes de telecomunicações móveis celulares, particularmente a redes de telecomunicações de rádio, e até mesmo mais particularmente àquelas redes que adotam um esquema de acesso de Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA) ou CDMA de Banda Larga (WCDMA), tais como redes celulares da terceira geração, como aquelas obedecendo o Sistema de Telecomunicação Móvel Universal (UMTS).

Fundamento da Invenção

[002] Redes de telecomunicações móveis são normalmente arranjadas de acordo com uma estrutura celular incluindo uma pluralidade de células, cada célula sendo definida como o conjunto de áreas de território elementares (também referido como "pixéis") servidas pelo sinal radioelétrico irradiado de uma Estação Rádio Base respectiva (BRS), ou antena.

[003] Entre as redes celulares conhecidas, redes usando a técnica de CDMA ou WCDMA têm a peculiaridade que uma mesma banda de freqüência (ou "canal") pode ser reusada nas várias células. Portanto, a passagem de um terminal de comunicação móvel de uma célula para outra, célula contígua (um evento chamado "transferência de passagem") pode ser administrada usando a mesma freqüência, de acordo com um mecanismo chamado "transferência de passagem suave"; este mecanismo provê que, em áreas geográficas particulares, chamadas "áreas de transferência de passagem suave" ou " áreas de macro-diversidade", o terminal de comunicação móvel é capaz de decodificar sinais e portanto trocar informação com muitas antenas e

conseqüentemente com muitas BRSs.

[004] A localização das áreas de macro-diversidade e seu dimensionamento são fatores altamente importantes para a operação correta e dimensionamento dos aparelhos das células de rede; um terminal de comunicação móvel operando em macro-diversidade usa recursos de todas as BRSs com as quais está conectado simultaneamente, assim o terminal em macro-diversidade usa mais recursos que aqueles realmente necessários para permitir as comunicações.

[005] Uma peculiaridade adicional de redes de UMTS é que tais redes são adaptadas para prover uma pluralidade de serviços de rede diferentes, tais como, por exemplo, telefonia, fac-símile, vídeo-telefonia, acesso à Internet e navegação na Web, fluxo de dados e assim por diante. Cada um de tais serviços geralmente tem características em termos de velocidade (número de bits por segundo) e tráfego (quantidade, simétrica ou assimétrica) que são específicos para o serviço sob exame.

[006] O dimensionamento das células, portanto deveria levar em conta ambas as características de cada serviço, e as possíveis associações de serviços através de um único portador de rádio, como provido pela técnica de acesso de CDMA/WCDMA.

[007] Além disso, como todo sistema rádio móvel celular, também uma rede de UMTS tem canais de controle de radiodifusão comuns na área de célula inteira. Tais canais contêm informação de sistema que é necessária para aparelhos de rádio (os receptores) dos terminais de comunicação móveis.

[008] Devido às peculiaridades das redes, o planejamento de redes de UMTS é uma tarefa complexa, requerendo abordagens que são substancialmente diferentes daquelas usadas para redes de telecomunicações móveis celulares prévias, particularmente redes celulares de segunda geração como aquelas obedecendo o padrão de Sistema Global para Comunicação Móvel (GSM), ou com o Padrão Interino (IS95).

[009] Em geral, em vista de um desdobramento de rede atual, o planejamento visa a produzir, como resultados ou saídas, o posicionamento correto das BRSs na área geográfica sob exame, e também permite determinar o conjunto de parâmetros de célula radioelétricos (por exemplo, inclinação de antena, azimute da direção de ganho máximo, potência de rádio, etc.) e a alocação dos recursos de rádio nomeados ao operador de rede (por exemplo, portadores de rádio). Tais saídas são determinadas pelo processo de planejamento conforme objetivos de planejamento, tais como, por exemplo:

valor mínimo de território coberto pelo serviço de rede, dentro de uma área sob planejamento;

maximização do tráfego a ser administrado entre aqueles providos dentro da área sob planejamento.

[0010] Várias técnicas de planejamento para redes de UMTS são conhecidas; de acordo com a abordagem seguida, estas técnicas podem ser agrupadas em duas classes diferentes: técnicas de planejamento estatísticas e técnicas de planejamento determinísticas.

[0011] Técnicas de planejamento estatísticas são baseadas principalmente em uma abordagem do tipo de Montecarlo (se refira por exemplo ao documento 3GPP TR 25.942 v3.0.0 2001-06 - "RF System Scenarios – Release 1999" especificação). O termo "simulação de Montecarlo" denota normalmente uma simulação estática composta de um conjunto de instantâneos estatisticamente independentes. Depois de ter fixado o cenário sendo estudado, cada instantâneo consiste em realizar um processo estocástico gerado a partir de distribuições diferentes de usuários na área sendo examinada. Ao término de todo instantâneo, indicadores de desempenho de rede são providos como resultados, e o procedimento termina com a análise estatística de vários indicadores de desempenho providos por todo instantâneo. O número de instantâneos deverá ser suficiente para garantir estabilidade estatística pelos resultados de planejamento. Esta metodologia é

bastante específica, e é adaptada particularmente para examinar desempenhos de uma rede de UMTS de largura geográfica relativamente limitada; devido a sua lentidão intrínseca, devido à convergência estatística de resultados, esta técnica não é adequada para a análise de redes de UMTS pretendidas para cobrirem áreas geográficas comparáveis com aquelas de uma nação inteira, tal como, por exemplo, Itália.

[0012] Embora mantendo a característica de uma análise estática, as técnicas de planejamento determinísticas levam em conta sistematicamente todos os pixéis do território no qual a rede será planejada. Diferentemente de métodos estatísticos, os métodos determinísticos exploram, como dados de entrada, uma única distribuição de usuários, e uma única simulação é efetuada, sem a necessidade de uma agregação estatística dos resultados. Técnicas de planejamento determinísticas são mais adequadas para planejar redes de UMTS pretendidas para cobrir áreas geográficas relativamente grandes, até mesmo se o resultado de planejamento for geralmente menos aderente à realidade produzida.

[0013] Independente da abordagem seguida, uma das fases dos métodos para planejar uma rede de telecomunicações móvel celular do tipo aqui considerado, é o planejamento/avaliação de cobertura de ligação ascendente, também referido como "controle de potência na ligação ascendente", isto é, o planejamento/avaliação da cobertura na ligação de UEs localizados nos pixéis da área sob planejamento para as BRSs. Nesta fase, a potência de transmissão requerida por canal de tráfego para os UEs localizados nos pixéis da área sob planejamento, é calculada. Para cada pixel pertencendo à área sob planejamento, e para cada serviço de rede, a célula é determinada que requer a potência de transmissão mais baixa para um UE hipotético localizado naquele pixel e usando aquele serviço de rede: a célula assim determinada representa a célula de serviço daquele pixel, até onde aquele serviço de rede é considerado. Se a potência de transmissão mais baixa

requerida para os UEs calculada nesta fase exceder a potência máxima que pode ser entregue pelo UE genérico (um parâmetro que é predeterminado e forma uma das entradas para o processo de planejamento), o pixel sob consideração é posto em inatividade por potência insuficiente em ligação ascendente: em outras palavras, dada a configuração de rede atual, um UE genérico localizado naquele pixel não estará em condição de usar aquele serviço de rede, porque a potência de transmissão que seria necessária para fazer isto é muito alta. O conjunto de pixéis para os quais a célula genérica é a célula de serviço em relação ao serviço de rede genérica forma a "área de serviço de ligação ascendente de célula" daquela célula para aquele serviço em ligação ascendente. O conjunto de áreas de serviço de ligação ascendente de célula para as várias células da área sob planejamento e para os vários serviços de rede forma a "área de serviço de ligação ascendente de rede". O conjunto de pixéis posto em inatividade por potência insuficiente em ligação ascendente, para o serviço de rede genérico, forma a "área de inatividade de serviço" em ligação ascendente.

[0014] Essencialmente, na fase de controle de potência de ligação ascendente, uma pluralidade de jogos de mapas é determinada, um conjunto de mapas para cada serviço de rede; o conjunto genérico de mapas inclui, por sua vez, vários mapas iguais ao número de células da área sob planejamento: cada mapa é formado por aqueles pixéis para os quais a célula respectiva (a célula de serviço) requer a potência mais baixa na ligação ascendente, aqueles pixéis para os quais a potência de transmissão em ligação ascendente excede a potência de transmissão máxima predeterminada do UE genérico, para o serviço de rede genérico sendo eliminado.

[0015] Em uma fase seguinte do processo de planejamento, referida como "controle de potência na ligação descendente", o planejamento/avaliação da cobertura na ligação das BRSs para os UEs localizados nos pixéis da área sob planejamento é efetuado, assim averiguar

se a ligação descendente é um fator limitante. Para cada célula da área sob planejamento, a potência de transmissão por canal de tráfego que a célula genérica deveria entregar é calculada, para cada pixel pertencendo à área de serviço de ligação ascendente daquela célula e para cada serviço de rede (isto é, por exemplo, para a telefonia, fac-símile, vídeo-telefonia, acesso à Internet, por exemplo, navegação na Web, serviços). Se a potência calculada, para o pixel genérico, exceder a potência máxima que a célula de serviço pode entregar para um canal de tráfego em relação ao serviço de rede considerado, aquele pixel é posto "fora de serviço" ("inatividade") por potência insuficiente na ligação descendente. Em outras palavras, até mesmo se o UE genérico localizado naquele pixel fosse capaz de entregar a potência de transmissão necessária para se comunicar com a BRS, é a BRS que não está em condição para sustentar a potência de transmissão necessária para prover aquele serviço. O conjunto de pixéis, pertencendo à área de serviço da célula genérica em relação ao serviço de rede genérico, não estando em inatividade, forma a área de serviço global da célula em relação àquele serviço de rede. A união de todas as áreas de serviço globais para todos os serviços de rede e para todas as células da área sob planejamento é referido como a área de serviço global da rede (na área sob planejamento).

[0016] A fase de controle de potência de ligação descendente também abrange uma "verificação de capacidade" de célula na ligação descendente: a potência global que, de acordo com os cálculos acima mencionados, é estimada a ser requerida para a célula genérica é comparada à potência máxima que a (amplificadores de potência da BRS da) célula pode entregar: se a potência requerida global calculada exceder a potência máxima que a célula pode entregar, a célula não passa a verificação de capacidade, e poderia ser necessário modificar a distribuição de tráfego e/ou os locais das células na área sob planejamento.

[0017] Uma metodologia de planejamento de rede de UMTS é

descrita no documento AC016/CSE/MRM/DR/P/091 intitulado "STORMS Project Final Report", desenvolvido sob o projeto STORMS (Ferramentas de Software para a Otimização de Recursos em Sistemas Móveis), promovido pela União Européia. A metodologia de planejamento descrita nesse documento provê uma análise da capacidade de ligação ascendente das células (BRSs) baseado em limitações de interferência/ruído. A capacidade de célula máxima em ligação ascendente, em termos de número máximo de chamadas ativas por célula e por tipo de serviço (CA, CB, ..., CN) é determinado resolvendo o sistema linear seguinte:

$$\eta = (1 + f_{extra}) \sum_{i=A}^{N} C_i SAF_i^{UL} SINR_i$$

$$\frac{C_i}{C_{REF}} = k_i \qquad i = A, B, \ldots, N$$

onde η é um fator de carga fracionário de multi-serviço (com respeito à condição de carga total), assumido como a carga nominal da célula, f_{extra} é um fator de interferência inter-célula normalizado (que é característico do ambiente), SAF_i^{UL} é um fator de atividade de serviço em ligação ascendente para o serviço de rede genérico, e $SINR_i$ é um sinal visado para relação de interferência mais ruído.

[0018] Fatores k_i descrevem a mistura de tráfego pedida em termos de relação entre as chamadas ativas máximas por cada serviço e uma referência um. Estes parâmetros têm que ser consistentes com as figuras de mistura de tráfego correspondentes, que descrevem a mistura de tráfego oferecida (em Erl) para o pixel sob estudo. Para derivar estes parâmetros, um procedimento iterativo é adotado. Na realidade, fatores k_i se referem à divisão das chamadas ativas entre serviços diferentes na área de célula, isto é, eles correspondem ao número máximo de circuitos requeridos para levar a carga de tráfego oferecido na área de célula.

[0019] Assim, para avaliá-los, a carga de tráfego da célula deveria ser conhecida. Para derivá-la da carga de tráfego por pixel, que são os dados de

entrada disponíveis, a dimensão de célula deveria ser conhecida. Mas, esta é na realidade a meta final do processo de avaliação. Para resolver este apuro, é proposto um processo iterativo. Uma primeira estimativa aproximada da área de célula (isto é, número de pixéis) é produzida, e a carga de tráfego correspondente por serviço é avaliada multiplicando o valor de tráfego por serviço por pixel pelo número estimado de pixéis da célula. Então, a carga de tráfego é convertida no número máximo equivalente de chamadas ativas por meio da fórmula de Erlang-B:

Max_Number_of_Users = Erlang_B(Traffic_load; Loss_Probability).

[0020] A probabilidade de perda assumida é 0,01. Baseado nesta estimativa para a carga de tráfego de célula, fatores k_i são avaliados e substituídos na equação prévia de η. Um novo valor para a capacidade de célula é obtido resolvendo a equação. O processo é reiterado (usando a solução de equação como um novo ponto de partida para a estimativa de k_i) até que alcance a convergência. Finalmente, a capacidade de célula máxima correspondente (em Erl) é obtida aplicando a fórmula de Erlang-B ao resultado final da etapa prévia (impondo uma dada probabilidade de perda).

Sumário da invenção

[0021] O Requerente observou que os métodos conhecidos na técnica para planejar uma rede de UMTS, particularmente relativos à fase de controle de potência de ligação ascendente, sofrem de limitações que impactam a eficiência do método de planejamento inteiro, e as redes construídas seguindo tais métodos são como conseqüência não otimizadas.

[0022] Em particular, se referindo ao método descrito no documento acima citado, a reiteração conduz à obtenção de um fator de carga máximo selecionado com antecedência como um objetivo de projeto; esta metodologia corresponde a executar uma fase preliminar, em seguida referida como fase de "controle de admissão", dentro de um cálculo simplificado das áreas de serviço, que visa em definir áreas (isto é, conjunto de pixéis) para os cálculos

a serem efetuados na fase de controle de potência de ligação ascendente seguinte.

[0023] O Requerente observou que uma forte limitação dos métodos de planejamento conhecidos, com aquele descrito no documento citado, é a dependência dos resultados, produzidos pela fase de controle de potência de ligação ascendente, nas suposições feitas na fase de controle de admissão preliminar. Em particular, o Requerente observou que as áreas de cálculo são determinadas na base de simplificar suposições para a interferência experimentada e causada pelas células da área sob planejamento, particularmente fixando um valor de interferência máxima admissível para a célula genérica, e calculando a área na qual o serviço pode ser garantido enquanto respeitando o requisito do valor de interferência máxima admissível. O valor de interferência máxima admissível para uma célula genérica é fixado ajustando um limite superior para a carga de célula em ligação ascendente (o fator de carga η). A suposição relativo à interferência dentro de uma célula é feita fixando *a priori* um valor por (em geral variando de célula para célula), de um fator de interferência inter-célula, definido como a relação da potência global recebida por uma célula genérica de ligações não diretamente controladas em potência pela célula (interferência inter-célula) para a potência global recebida pela célula de usuários que são controlados diretamente em potência pela célula, e assim pertencendo à área de serviço de ligação ascendente de célula para o serviço considerado (interferência intra-célula).

[0024] O valor do fator de interferência está relacionado intimamente à potência de transmissão dos usuários em ligação ascendente; esta informação não é conhecida *a priori*, sendo determinada pela fase de controle de potência de ligação ascendente seguinte. Assim, a fim de executar a fase de controle de admissão antes da fase de controle de potência de ligação ascendente, é necessário fazer uma suposição para o valor do fator de interferência que não pode levar suficientemente precisa em conta a real

interferência na área sob planejamento. Como uma conseqüência, as áreas de cálculo assim determinadas, nas quais a fase de controle de potência de ligação ascendente seguinte é baseada, pode não estar suficientemente perto das condições reais de interferência, que não são conhecidas até depois da fase de controle de potência de ligação ascendente, e as áreas de serviço globais que são calculadas podem ser irreais e causar mau funcionamento de rede.

[0025] Não obstante, a fase de controle de admissão precisa ser executada antes da fase de controle de potência de ligação ascendente, assim para evitar que, na fase de controle de potência de ligação ascendente, a área de serviço calculada para o serviço de rede genérico seja larga demais, com o risco de sobrecarregar a célula do ponto de vista de interferência. Realmente, uma das metas do planejamento de rede de UMTS é limitar a carga de célula em ligação ascendente, porque cargas de célula médias altas demais podem na prática causar condições de instabilidade que pioram a qualidade de serviço experimentada pelos usuários.

[0026] Em vista do estado esboçado da técnica e problemas relacionados, desvantagens e limitações, o Requerente atacou o problema geral de melhorar os métodos de planejamento conhecidos de redes de telecomunicações móveis celulares.

[0027] Em particular, o Requerente atacou o problema de como continuar corretamente as fases para a análise de ligação ascendente no processo de planejamento de uma rede de CDMA.

[0028] O Requerente achou que os problemas anteriores podem ser resolvidos executando um procedimento iterativo que, a partir de uma área de serviço inicial e a potência de transmissão de um equipamento inicial, inclui estimar a potência total recebida pela célula e, baseado nesta potência total recebida, variar as potências de transmissão dos equipamentos para alcançar um constrangimento de qualidade de serviço visada, até que uma condição de

estabilidade seja alcançada, em que a variação de potência de transmissão dos equipamentos é mais baixa do que um limiar; se nesta condição está a potência total recebida pela célula for mais alta do que uma potência máxima recebida, a área de serviço é restringida e o ciclo anterior repetido tomando a área restringida.

[0029] De acordo com um primeiro aspecto disso, a presente invenção assim relaciona-se a um método para planejar uma rede de telecomunicações móvel celular incluindo pelo menos uma célula de rede e pretendida para prover serviços de rede a equipamentos de usuário localizados em dita célula de rede, o método incluindo:

a) inicializar, para a pelo menos uma célula de rede, uma área de serviço e uma potência de transmissão para cada equipamento de usuário;

b) estimar uma potência total recebida por pelo menos uma célula de rede dos equipamentos de usuário localizados na área de serviço e usar o pelo menos um serviço de rede;

c) baseado na potência recebida total estimada, variar as potências de transmissão requeridas para os equipamentos de usuário localizados na área de serviço a fim de alcançar um constrangimento de qualidade de serviço visada para o pelo menos um serviço de rede;

d) iterar as etapas b) e c) até que uma condição de estabilidade seja alcançada, em que a variação de potência de transmissão para pelo menos uma fração predeterminada dos equipamentos de usuário localizados na área de serviço é mais baixa do que um limiar predeterminado;

e) calcular uma potência recebida total correspondendo às potências de transmissão ao término da etapa d);

f) averiguar se a potência recebida total é mais baixa do que uma potência recebida máxima, e, no caso negativo:

g) restringir a área de serviço; e

h) repetir as etapas de b) a g) para a área de serviço restringida.

[0030] Preferivelmente, a área de serviço é restringida baseado em uma diferença entre o fator de carga de ligação ascendente calculado e o fator de carga de ligação ascendente máximo. Mais preferivelmente, a área de serviço é restringida proporcionalmente à diferença anterior.

[0031] Preferivelmente, a área de serviço inclui uma pluralidade de elementos de área elementares, e a etapa de restringir inclui:

estabelecer uma lista ordenada dos elementos de área elementares baseado no valor de um parâmetro indicativo de uma contribuição respectiva dos elementos de área elementares para a potência recebida total; e

descartar pelo menos um dos elementos de área elementares a um fim da lista.

[0032] O parâmetro anterior pode incluir a perda de ligação de ligação ascendente. Além disso ou em alternativa, o parâmetro anterior pode incluir o tráfego total oferecido pelo pixel. Além disso ou em alternativa, o parâmetro anterior pode incluir o tipo de tráfego oferecido pelo pixel.

[0033] A etapa de inicializar a área de serviço pode incluir tomar como uma área de serviço inicial uma área de melhor servidor da célula calculada para um canal de comunicação predeterminado.

[0034] O canal de comunicação predeterminado pode ser o Canal Piloto Comum CPICH.

[0035] A etapa de inicializar, para a pelo menos uma célula de rede, a potência de transmissão para cada equipamento de usuário pode incluir inicializar a potência de transmissão a um valor dependente de, particularmente proporcional a um valor para o qual a área de serviço é inicializada.

[0036] Em particular, a etapa de inicializar, para a pelo menos uma célula de rede, a potência de transmissão para cada equipamento de usuário pode incluir inicializar a potência de transmissão a um valor dependente de,

particularmente proporcional a uma quantidade de tráfego oferecido à célula baseado em um valor para o qual a área de serviço é inicializada.

[0037] Preferivelmente, o constrangimento de qualidade de serviço é uma relação de sinal para ruído de serviço visada.

[0038] Além disso, a etapa de averiguar se a potência recebida total é mais baixa do que uma potência máxima recebida pode incluir calcular um fator de carga de ligação ascendente correspondendo à potência total recebida calculada na etapa e); e averiguar se o fator de carga de ligação ascendente calculado é mais baixo do que um fator de carga de ligação ascendente máximo. A presente invenção relaciona-se ademais a um sistema de processamento de dados incluindo meio adaptado para efetuar as etapas do método descrito acima.

[0039] Em um aspecto adicional disso, a presente invenção relaciona-se a um programa de computador incluindo instruções para efetuar todas as etapas do método descrito acima, quando dito programa de computador é executado em um sistema de computador.

[0040] A presente invenção também relaciona-se a uma rede de telecomunicações móvel celular incluindo pelo menos uma célula de rede e pretendida para prover serviços de rede a usuários localizados em dita célula de rede, em que os serviços de rede incluem pelo menos um serviço de rede, a rede tendo uma área de serviço em relação ao pelo menos um serviço obtido aplicando o método descrito acima.

Breve Descrição dos Desenhos

[0041] As características e vantagens da presente invenção serão feitas aparentes pela descrição detalhada seguinte de uma concretização dela, provida somente por meio de exemplo não limitativo, descrição que será conduzida fazendo referência aos desenhos anexos, em que:

Figura 1 mostra ilustradamente uma porção de uma rede de UMTS sendo planejada, pretendida cobrir uma área geográfica respectiva,

com uma pluralidade de células de rede;

Figura 2 é um fluxograma simplificado esquemático das etapas principais de um processo de planejamento de rede;

Figura 3 é um fluxograma simplificado esquemático de um método de análise de ligação ascendente do processo de planejamento de rede, de acordo com uma concretização da presente invenção;

Figura 4 mostra esquematicamente os componentes funcionais principais de um aparelho de processamento de dados que, programado adequadamente, é adaptado para efetuar o método de acordo com uma concretização da invenção; e

Figura 5 mostra esquematicamente os componentes principais de um programa, quando executado no aparelho de processamento de dados da Figura 4, implementando o método de acordo com uma concretização da presente invenção.

Descrição Detalhada das Concretizações Preferidas da Invenção

[0042] Se referindo aos desenhos, na Figura 1 é descrita esquematicamente uma porção de uma rede de CDMA, particularmente uma rede de UMTS sob planejamento, a porção de rede sendo pretendida para prover capacidade de comunicação móvel celular dentro de uma dada área geográfica.

[0043] A porção de rede de UMTS sob consideração, identificada globalmente por numeral de referência 100, inclui uma pluralidade de células C1, C2, C3, C4, ..., Cn (descritas esquematicamente como círculos), cada uma tendo uma cobertura de área respectiva (a área dos círculos).

[0044] As células C1, C2, C3, C4, ..., Cn é cada uma composta de uma pluralidade de pixéis, isto é, elas são o conjunto de pontos geográficos cobertos e servidos pelo sinal eletromagnético de rádio irradiado pela BRS de uma célula respectiva, esquematizada no desenho como uma antena.

[0045] Normalmente, grupos de três a seis células (em média) são

administrados por uma entidade de rede chamado "Nó B", tal como os Nós B 105a e 105b no desenho (onde, somente por meio de exemplo, é assumido que as células que C1, C2, C3, e C4, são administradas pelo Nó B 105a, e que a célula Cn é administrada pelo Nó B 105b).

[0046] Grupos de Nós B são administrados por um Controlador de Rede de Rádio (RNC), como o RNC 110 mostrado no desenho; os RNCs estão conectados à rede de UMTS de núcleo 115.

[0047] Um UE genérico, tal como o UE 125 descrito como localizado dentro da célula C1, pode receber sinais transmitidos pelos transmissores, e irradiados pelas antenas, de células diferentes, por exemplo as células C1 e C2, e pode diferenciar entre elas.

[0048] Esta diferenciação de sinais vindo de transmissores diferentes é feita possível pela adoção, no padrão de UMTS, da técnica de acesso de CDMA/WCDMA. Sem entrar em detalhes excessivos, conhecidos àqueles qualificados na técnica e não pertinentes à compreensão da concretização da presente invenção, cada transmissor (particularmente, o transmissor da célula de rede genérica) implementa um espalhamento e um embaralhamento subseqüente do sinal ser transmitido. O sinal (dados) a ser transmitido, tendo uma dada taxa de símbolo (normalmente chamada a taxa de bit) é primeiro submetido a um processo de espalhamento, usando um código de espalhamento, a fim de "alargar" seu espectro e distribuir (e assim abaixar) sua potência através da largura da banda de canal inteira. O código de espalhamento tem um número mais alto de símbolos do que o sinal a ser transmitido, assim o sinal espalhado tem uma taxa de símbolo (uma "taxa de chip", em jargão) mais alta do que a taxa de bit do sinal inicial. O sinal espalhado é então submetido a um processo de embaralhamento, usando um código de embaralhamento ou seqüência de embaralhamento. O processo de embaralhamento de sinal não muda a taxa de chip, assim o sinal a ser transmitido "pelo ar" tem uma taxa de chip igual àquela do sinal espalhado. O

processo de embaralhamento é usado para fazer sinais transmitidos pelos transmissores de células diferentes distinguíveis (contanto que os códigos de embaralhamento sejam nomeados corretamente às células).

[0049] A área geográfica representada esquematicamente na Figura 1 é assumida ser uma área da rede de UMTS a ser planejada.

[0050] O fluxograma esquemático da Figura 2 mostra as fases principais ou etapas de um processo de planejamento de rede 200. É mostrado que as várias etapas do processo de planejamento, que serão analisadas em detalhes em seguida, poderiam ser executadas em uma ordem cronológica diferente comparada à mostrada.

[0051] A área sob planejamento é subdividida idealmente em áreas elementares ou pixéis, por exemplo áreas quadradas de 50 m por 50 m.

[0052] Primeiramente, as coberturas eletromagnéticas das várias células de rede são calculadas (bloco 205), para uma dada configuração de rede de partida (número e posição de BRSs/células, equipamento de rádio de cada BRS, e similar). Calcular as coberturas eletromagnéticas significa em particular determinar os tamanhos e as características de cada "cobertura", isto é, o lugar de pixéis nos quais o sinal radioelétrico é recebido dentro de um certo raio (por exemplo, 80 km) da antena irradiante da célula genérica.

[0053] Então, as denominadas "áreas de melhor servidor " as das várias células são calculadas (bloco 210). Como resultado desta etapa, todo pixel pertencendo à área sob planejamento é nomeado univocamente a uma célula de rede respectiva, isto é, a um BRS respectiva, que é referida como a "célula de melhor servidor" daquele pixel. Em particular, a célula de melhor servidor de um pixel genérico é a célula cuja BRS irradia um sinal tendo um nível de potência (RSCP), até onde o Canal Piloto Comum (CPICH) é considerado, sendo o mais alto comparado aos níveis de potência dos sinais irradiados por todas as outras células que pertencem à área sob planejamento.

[0054] A distribuição do tráfego oferecido à rede, para os serviços de

rede diferentes, pela área sob planejamento é então calculada (bloco 215); como resultado, uma estimação é obtida do tráfego oferecido por cada serviço de rede (por exemplo, telefonia, fac-símile, vídeo-telefonia, acesso à Internet, dados em fluxo e assim por diante) para cada pixel.

[0055] Uma fase de análise de ligação ascendente segue (bloco 220), para planejar/avaliar uma cobertura de ligação ascendente da rede, em qual fase a capacidade de ligação ascendente doas BRSs é analisada baseado em limitações de interferência/ruído. Como resultado da análise de ligação ascendente, uma pluralidade de jogos de mapas é determinada, um conjunto de mapas para cada serviço de rede; o conjunto genérico de mapas inclui, por sua vez, vários mapas iguais ao número de células da área sob planejamento: cada mapa é formado por aqueles pixéis para quais a célula respectiva (a célula de serviço) requer a potência no ligação ascendente mais baixa, descartando aqueles pixéis para os quais a potência de transmissão em ligação ascendente requerida para um UE hipotético localizado naquele pixel excede a potência de transmissão máxima de UE predeterminada, para o serviço de rede genérico; o mapa de pixéis assim calculado, para a célula genérica e para o serviço de rede genérico, é referido como a "a área de serviço de ligação ascendente de célula" para aquele serviço de rede. No seguinte, um método para executar a análise de ligação ascendente de acordo com uma concretização da presente invenção será descrito em detalhes.

[0056] Na fase seguinte do processo de planejamento, uma análise de ligação descendente ou planejamento/avaliação de cobertura de ligação descendente é executada; em particular, nesta fase, também referida como o "controle de potência de ligação descendente" (bloco 225), uma avaliação da cobertura de ligação descendente pela porção de rede sob planejamento é executada, assim para verificar se, para a dada configuração de rede baseado na qual a cobertura de ligação ascendente foi avaliada, a ligação descendente é um fator limitante.

[0057] Para cada célula pertencendo à área sob planejamento, a área de serviço de ligação ascendente de célula, calculada na etapa de análise de ligação ascendente, é considerada. Para cada pixel pertencendo à área de serviço de ligação ascendente de célula, e para todo serviço de rede, a potência por canal de tráfego requerida para a célula considerada é calculada (assim, a potência necessária para suportar a conexão com o UE genérico localizado naquele pixel e explorando o serviço de rede considerado, é calculada), assumindo que a taxa de bit máxima do serviço é para ser garantida. A fim de um pixel genérico ser considerado "servido" pela rede, a potência por canal de tráfego requerida para a célula não deveria exceder a potência máxima que ode ser entregue pela célula por canal de tráfego; se, para o pixel genérico, a potência calculada exceder a potência máxima que pode ser entregue por canal de tráfego por aquela célula, para o serviço de rede considerado, aquele pixel é posto em inatividade por potência insuficiente em ligação descendente. O conjunto de pixéis, pertencendo à área de serviço de ligação ascendente de célula genérica para o serviço genérico e não estando em inatividade por potência insuficiente em ligação descendente forma a "área de serviço global de célula" da célula para aquele serviço. A união das áreas de serviço globais de célula das várias células da área sob planejamento, para os vários serviços de rede, forma a "área de serviço global de rede". O conjunto de pixéis em inatividade por potência insuficiente em ligação descendente, para o serviço de rede genérica, forma a "área de inatividade de ligação descendente" daquele serviço.

[0058] A fase de controle de potência de ligação descendente também abrange uma verificação da capacidade de célula para a potência total entregue em ligação descendente. A potência global requerida para a célula genérica (a potência total que tem que ser entregue pela célula para todos os canais de tráfego, para toda os serviços de rede, mais a potência entregue pela célula para os canais comuns - CPICH, SCH e similar) é comparada então a

uma potência máxima que pode ser entregue por aquela célula.

[0059] Se a potência requerida global não exceder a potência máxima que pode ser entregue, a célula genérica passa na verificação de capacidade. A área de serviço global de célula, para o serviço de rede genérico, assim incluirá todos aqueles pixéis para quais:

a) a potência requerida por canal de tráfego em ligação ascendente não excede a potência máxima que pode ser entregue pelo UE genérico, para o serviço de rede considerado; e

b) a potência requerida por canal de tráfego em ligação descendente não excede a potência máxima que pode ser entregue por aquela célula por canal de tráfego, para o serviço de rede considerado.

[0060] Se ao invés a potência requerida global exceder a potência máxima da célula que pode ser entregue, a verificação de capacidade não é passada: a célula está em congestão de capacidade. A área de serviço global de célula assim incluirá um subconjunto dos pixéis satisfazendo as condições a) e b) anteriores, tal subconjunto sendo formado pelos pixéis que satisfazem a condição adicional: c) a potência total entregue para todos os UEs localizados nos pixéis da área de serviço global de célula, para todos os serviços de rede, é igual à potência máxima que pode ser entregue por aquela célula.

[0061] Tal subconjunto de pixéis pode ser por exemplo determinado ordenando todos os pixéis que satisfazem as condições a) e b) anteriores aumentando valores de atenuação, e selecionando, entre a lista ordenada de pixéis assim obtida, a partir do pixel tendo a atenuação mais baixa, os primeiros k pixéis na lista para quais a condição c) está satisfeita.

[0062] Também, se células em congestão de capacidade forem achadas, poderia ser necessário reconsiderar as suposições feitas para as entradas para o processo de planejamento, por exemplo a distribuição do tráfego oferecido, e o local das células na área sob planejamento.

[0063] Um método para executar a análise de ligação ascendente de acordo com uma concretização da presente invenção será descrito agora, fazendo referência ao fluxograma esquemático da Figura 3.

[0064] Primeiramente, uma lista de parâmetros é provida aqui abaixo, com definições correspondentes, que serão referidas na descrição do método de análise de ligação ascendente de acordo com a concretização de invenção descrita aqui:

Símbolo	Definição
N_{cells}	Número de células incluídas na área sob planejamento
S	Conjunto de serviços de rede pretendidos para serem providos pela rede na área sob planejamento
S_j	Subconjunto de serviços de rede incluídos no conjunto S, suportado pela célula genérica Cj
(M,N)	Coordenadas do pixel genérico na área sob planejamento
Θ^s_j	Conjunto de pixéis pertencendo ao domínio de computação inicial para o algoritmo de análise de ligação ascendente para o serviço genérico s e a célula genérica Cj
Ω^s_j	Conjunto de pixéis pertencendo à área de serviço de ligação ascendente de célula da célula Cj, para o serviço de rede genérico s
Ψ_s	Conjunto de pixéis em inatividade para o serviço de rede genérico s
SNR_s	Relação de sinal para ruído visada para os serviços de rede genéricos em ligação ascendente
$P^j_{(m,n),s}$	Potência requerida por canal de tráfego dedicado (DCH) pela célula genérica Cj, para os UEs presentes no pixel (m, n) e usando os serviços de rede genéricos s para garantir a SNR de ligação ascendente visada
$p^{DHC}_{(M,N),S}$	Potência transmitida por canal de tráfego dedicado (DCH) pelos UEs localizados no pixel (m, n) e usando o serviço de rede genérico s
$p^{Max}_{DHC}(s)$	Potência máxima que pode ser entregue no canal de tráfego dedicado (DCH) para o serviço s pelo UE genérico
$p^{Min}_{DHC}(s)$	Potência mínima que pode ser entregue no canal de tráfego dedicado (DCH) para o serviço s pelo UE genérico
$RTWP_j$	Potência total recebida através da banda de freqüência útil inteira pela célula genérica Cj
η_j	Fator de carga em ligação ascendente para a célula genérica Cj
η_{MAX}	Fator de carga admissível máximo em ligação ascendente para cada célula
$RSCP^j_{(m,n)}$	Potência recebida (em dBm) no Canal Piloto Comum (CPICH) da célula genérica Cj, pelo UE genérico localizado n pixel (m, n)
$RSCP^{BEST}_{(m,n)}$	Potência recebida (em dBm) no Canal Piloto Comum (CPICH) da célula de melhor servidor para o pixel (m, n) pelo UE genérico localizado no pixel (m, n)
MD	Limiar de macro-diversidade (em dB)

$\Delta_{(m,n)}$	Conjunto de células candidatas para controlar a potência do UE genérico localizado no pixel genérico (m, n)
P_{Noise}	Potência de ruído térmico
$Loss_{(m,n),j}$	Atenuação de ligação do pixel genérico (m, n) para a célula genérica Cj
$\overline{X}_s$	Fator de Atividade de Serviço (SAF) do serviço genérico s em ligação ascendente, um parâmetro estatístico indicando a relação do tempo de transmissão médio em ligação ascendente para o tempo de conexão total em relação ao serviço s
$T_{(m,n),s}$	Número de UEs presentes no pixel genérico (m, n) em relação ao serviço de rede genéricos

[0065] Primeiramente (bloco 305), as potências de transmissão de UE e as áreas de inatividade de serviço são inicializadas. Em particular, para cada pixel (m, n) pertencendo à área sob planejamento, e para cada UE presente no pixel genérico (m, n), a potência de transmissão requerida respectiva $P^{DCH}_{(m,n),s}$ é inicializada, para cada serviço de rede s, a 0:

$$P^{DCH}_{(m,n),s} = 0 \ \forall \ s \in S \ e \ \forall \ (m, n) \in \Phi_s$$

[0066] Como conseqüência desta inicialização a 0 da potência de transmissão requerida $P^{DCH}_{(m,n),s}$, os conjuntos Ψs, $\forall \ s \in S$, dos pixéis em inatividade de serviço são inicializados ao conjunto vazio, para cada serviço de rede s pertencendo ao conjunto S de serviços de rede pretendidos para serem providos. É mostrado que, em concretizações alternativas da invenção, a potência de transmissão requerida $P^{DCH}_{(m,n),s}$ poderia igualmente ser inicializada a um valor diferente de 0, por exemplo a um valor dependente de, por exemplo proporcional à área de serviço inicial, que, no exemplo considerado aqui, é a área de melhor servidor (CPICH), ou a um valor dependente de, por exemplo proporcional ao tráfego oferecido a dito pixel (m, n).

[0067] Uma malha, é então entrada dirigida para controlar a potência de ligação ascendente pedida ao UEs.

[0068] Em particular, a cada iteração da malha, a potência total $RTWP_j$ recebida em ligação ascendente pela célula genérica Cj, através da banda de freqüência útil inteira, é calculada (bloco 310), como segue:

$$RTWP_j = \sum_{s \in S_j} \sum_{(m,n) \in \Phi_s - \Psi_j} \frac{p^{DCH}_{(m,n),s} \cdot T_{(m,n),s} \cdot \overline{\chi}_s}{Loss_{(m,n),j}} + P_{Noise}.$$

[0069] Baseado na potência total calculada recebida $RTWP_j$, novos valores das potências de transmissão requeridas para os UEs são calculados (bloco 315), para todo pixel (m, n) da área sob planejamento, e para todo serviço de rede s. Este cálculo também envolve um cálculo das áreas de serviço de célula, para cada serviço de rede. A meta destes cálculos é determinar, para cada pixel (m, n) da área sob planejamento e cada rede serviço de s, a célula que requer a potência de transmissão mínima a um UE hipotético localizado naquele pixel e explorando aquele serviço, e determinar a quantidade de tal potência de transmissão mínima. As células que podem controlar a potência de um UE localizado no pixel (m, n) são todas aquelas células Cj (j = 1, ..., N_{cells}) para quais o valor correspondente $RSCP^j_{(m,n)}$ é no máximo MD dB abaixo do valor $RSCP^{BEST}_{(m,n)}$, isto é, todas aquelas células para as quais o CPICH respectivo é recebido, no pixel considerado (m, n), com uma potência que, comparada à potência à qual o CPICH da célula de melhor servidor é recebida, está na gama [$RSCP^{BEST}_{(m,n)}$ - MD; $RSCP^{BEST}_{(m,n)}$].

[0070] O conjunto Δ(m, n) é construído assim do modo seguinte:

$$\Delta(m, n) = \forall \text{ Cj} : RSCP^j_{(m,n)} \geq RSCP^{BEST}_{(m,n)} - MD.$$

[0071] Para cada pixel (m, n) da área sob planejamento, para cada célula Cj pertencendo ao conjunto Δ(m, n), e para cada serviço de rede $s \in S_j$, as potências de transmissão requeridas para os UEs hipotéticos localizados naquele pixel pela célula Cj para garantir a SNR visada são calculadas como segue:

$$SNR_s = \frac{p^j_{(m,n),s}}{Loss_{(m,n),j}} \cdot \frac{1}{(RTWP_j - \frac{p^j_{(m,n),s}}{Loss_{(m,n),j}})} \quad \Rightarrow \quad p^j_{(m,n),s} = RTWP_j \cdot \frac{SNR_s}{1 + SNR_s} \cdot Loss_{(m,n),j}$$

[0072] A potência de transmissão de UE calculada tem que cair dentro de faixas máximas/mínimas predeterminadas estabelecidas para o UE

genérico, e que são consideradas como entradas ao processo de planejamento, por meio de que:

$$p^{j}_{(m,n),s} = \begin{cases} RTWP_j \cdot \dfrac{SNR_s}{1+SNR_s} \cdot Loss_{(m,n),j} & if \quad RTWP_j \cdot \dfrac{SNR_s}{1+SNR_s} \cdot Loss_{(m,n),j} \geq p^{Min}_{DCH}(s) \\ p^{Min}_{DCH}(s) & if \quad RTWP_j \cdot \dfrac{SNR_s}{1+SNR_s} \cdot Loss_{(m,n),j} < p^{Min}_{DCH}(s) \end{cases}$$

[0073] Então, a célula é determinada que, entre todas as células pertencendo ao conjunto Δ(m, n), requer para os UEs a potência de transmissão mínima: tal célula é, na iteração atual genérica da malha, a célula de serviço do pixel (m, n), até onde esse serviço de rede genérico é considerado.

[0074] Deste modo, o conjunto Ω^s_j é calculado, para cada célula Cj pertencendo ao conjunto Δ(m, n) e para cada serviço de rede $s \in S_j$, do modo seguinte:

$$\Omega^{s}_{j} = \forall (m,n) \in \Phi_s \quad : \begin{cases} p^{j}_{(m,n),s} = MIN \left[p^{j}_{(m,n),s} \right]^{s \in S_j}_{j \in \Delta_{(m,n)}} \\ e \\ p^{j}_{(m,n),s} \leq p^{Max}_{DCH}(s) \end{cases}$$

[0075] A potência de transmissão requerida para o UE genérico localizado no pixel (m, n) pela célula de serviço daquele pixel para o serviço de rede s (na iteração atual genérica da malha) é calculada assim como segue:

$$p^{DCH}_{(m,n),s} = MIN \left[p^{j}_{(m,n),s} \right]^{s \in S_j}_{j \in \Delta_{(m,n)}}$$

[0076] A área Ψ_s de inatividade de serviço, para o serviço genérico s, na iteração atual genérica da malha, está definida como o conjunto de pixéis (m, n) pertencendo ao conjunto Φ_s que não pertence a qualquer um dos conjuntos calculados Ω^s_j para qualquer célula C_j pertencendo à área sob planejamento, isso é:

$$\Psi_s = \forall(m, n) \in \Phi_s, (m, n) \notin \Omega^s_j \, \forall j.$$

[0077] A malha é saída quando convergência é alcançada, identificado pela obtenção de uma condição de estabilidade, até onde as

potências de transmissão de UE calculadas são consideradas (bloco de decisão 320). Em particular, a condição de estabilidade é determinada fixando uma tolerância de potência Tol_UE_Pw (suficientemente pequena, por exemplo de 0,5 dB a 1 dB): uma condição de estabilidade é decretada ter sido alcançada se, ao passar da (k-1) iteração genérica para a próxima iteração k da malha, resulta que:

$$\left| p^{DCH}_{(m,n),s}(k)_{dB} - p^{DCH}_{(m,n),s}(k-1)_{dB} \right| \leq Tol_UE_Pw$$

para cada pixel (m, n) da área sob planejamento, e para cada serviço s, isto é, se as mudanças nas potências requeridas calculadas são menos do que a tolerância fixa.

[0078] Depois de sair da malha, um controle é executado para averiguar se todos os fatores de carga em ligação ascendente são, no máximo, iguais a um fator de carga máximo predeterminado (bloco 325). Definido o fator de carga em ligação ascendente para a célula genérica C_j como:

$$\eta_j = 1 - \frac{P_{noise}}{RTWP_j},$$

o teste é passado se, para toda célula C_j da área sob planejamento, for:

$$\eta_j \leq \eta_{MAX}$$

[0079] Se o teste for passado, o procedimento termina. Se ao invés o teste nos fatores de carga não for passado, um controle de congestão é executado (bloco 330). Um conjunto θ é construído, formado por todas as células da área sob planejamento para quais o teste não é passado, isto é, para quais é:

$$\eta_j > \eta_{MAX} \text{ e } \Omega^s_j \neq \text{vazio},$$

isto é, todas as células experimentando um fator de carga calculado que excede o fator de carga máximo predeterminado, e que têm uma área de serviço não vazia.

[0080] Para cada célula C_j pertencendo ao conjunto θ, um indicador

de congestão de ligação ascendente respectivo Cong-UL_j é calculado como segue:

$$Cong_UL_j = \xi(\eta_j, \eta_{MAX}),$$

em que $\xi(\eta_j, \eta_{MAX})$ denota uma função dos fatores de carga adaptados para retornar um valor na gama de 0 (excluído) a 100. Em particular, e só por meio de exemplo (outras formas para a função $\xi(\eta_j, \eta_{MAX})$ são possíveis), a função $\xi(\eta_j, \eta_{MAX})$ pode tomar a forma seguinte:

$$\xi(\eta_j, \eta_{MAX}) = 100. \frac{\eta_j - \eta_{MAX}}{\eta_j}$$

[0081] Em outras palavras, o indicador de congestão de ligação ascendente Cong-UL_j é um número dando uma medida da congestão, em ligação ascendente, experimentada pela célula genérica C_j e dependendo da diferença do fator de carga calculado η_j para aquela célula e o fator de carga máximo η_{MAX}.

[0082] Para cada célula C_j pertencendo ao conjunto θ, e para cada serviço de rede s pertencendo ao conjunto S de serviços pretendidos a serem providos, uma função de descongestionamento β é usada; a função de descongestionamento β é um operador aplicado ao indicador de congestão de ligação ascendente Cong-UL_j da célula genérica para retornar um valor $Cong_Tick_s$, variando preferivelmente de 0 a 1, que expressa, em termos de uma porcentagem, o número de pixéis entre aqueles fazendo parte da área de serviço Ω^s_j da célula Cj em relação ao serviço de rede s, que serão colocados em inatividade de serviço devido a razões de congestão em ligação ascendente. A função de descongestionamento β,

$$Cong_Tick_s = \beta^s_j(Cong_UL_j)$$

pode levar por exemplo uma forma de escada, aumentando de 0 a 1 quando o valor do indicador de congestão de ligação ascendente Cong-UL_j aumenta; só por meio de exemplo, a função de descongestionamento β pode ser descrita como segue:

$$\text{Cong-UL}j \leq 10\ \beta = 0{,}01\ (1\%\ \text{de pixéis})$$

$$10 \leq \text{Cong-UL}_j \leq 20\ \beta = 0{,}02\ (2\%\ \text{de pixéis})$$

$$20 < \text{Cong-UL}_j \leq 50\ \beta = 0{,}1\ (10\%\ \text{de pixéis})$$

$$\text{Cong-UL}_j > 50\ \beta = 0{,}4\ (40\%\ \text{de pixéis})$$

[0083] Para cada célula C_j pertencendo ao conjunto θ, uma função de escolha é construída para cada pixel (m, n):

$$\Re^j_{(m,n)}(\text{Loss}_{(m,n),j}, S_j, T_{(m,n),s}),$$

a função de escolha sendo, no exemplo aqui considerado, uma função da perda de ligação $\text{Loss}_{(m,n),j}$, do subconjunto S_j de serviços de rede, incluído no conjunto S, suportado pela célula genérica C_j, e do número de UEs $T_{(m,n),s}$. Os pixéis (m, n) pertencendo ao conjunto (área de serviço) Ω^s_j da célula Cj em relação ao serviço de rede s são ordenados, aplicando a função de ordenação, de tal modo que, tomados dois pixéis genéricos (m1, n1) e (m2, n2), o pixel (m1,n1) preceda o pixel (m2, n2) se e só se:

$$\Re^j_{(m1,n1)} < \Re^j_{(m2,n2)}$$

[0084] Por exemplo, a função de ordenação pode ser simplesmente representada pela perda $\text{Loss}_{(m,n),j}$, em qual caso um pixel genérico precede outro pixel contanto que sua perda seja mais baixa do que a perda de dito outro pixel. Mais geralmente, os pixéis podem ser ordenados baseado em um ou mais parâmetros indicativos da contribuição respectiva para o fator de carga de ligação ascendente da célula, dito parâmetro incluindo por exemplo a perda de ligação, o tráfego oferecido pelo pixel, o tipo de tráfego (por exemplo, chamadas de emergência podem ser privilegiadas sobre chamadas normais).

[0085] Para cada célula C_j pertencendo ao conjunto θ, e para qualquer serviço de rede s pertencendo ao subconjunto S_j, a dimensão, em termos de número de pixéis, da área de serviço de célula para a célula C_j é denotada $\text{Card}[\Omega^s_j]$. A área de inatividade de serviço ψs, previamente calculada, é atualizada incluindo vários pixéis iguais a:

$$\lfloor \text{Cong_Tick}_s \cdot \text{Card}[\Omega^s_j] \rfloor$$

tomado do conjunto de pixéis Ω^s_j formando a área de serviço da célula Cj em relação ao serviço de rede s, a partir do primeiro pixel de acordo com a escolha produzida aplicando ao conjunto Ω^s_j a função de ordenação $\Re^j_{(m,n)}$ definida acima. Assim, a área de serviço de célula é restringida. Mais geralmente, a dimensão, em termos de número de pixéis, da área de serviço de célula para a célula C_j pode ser restringido de um modo dependente de, particularmente proporcional a uma diferença entre o fator de carga de ligação ascendente de célula calculado e o fator de carga máximo.

[0086] Então (bloco 335), para cada pixel (m, n) pertencendo à área sob planejamento, e para cada UE hipotético localizado naquele pixel, a potência de transmissão requerida para o UE para cada serviço de rede é inicializado:

$$P^{DCH}_{(m,n),s} = 0 \; \forall \; s \in S \; e \; \forall \; (m, n) \in \Phi_s$$

[0087] Depois disso, uma malha adicional é entrada essencialmente semelhante à malha prévia, em que, a cada iteração da malha, a potência total $RTWP_j$ recebida em ligação ascendente pela célula genérica C_j, através da banda de freqüência útil inteira, é calculada (bloco 340), do modo descrito acima, e então os novos valores das potências de transmissão requeridas, requeridas para os UEs são calculados (bloco 345), para todo pixel (m, n) da área sob planejamento, e para todo serviço de rede s.

[0088] A malha é saída quando uma condição de estabilidade é alcançada, até onde as potências de transmissão calculadas de UE estão interessadas (bloco de decisão 350). Em particular, a condição de estabilidade é determinada fixando uma tolerância de potência, que pode ser a mesma tolerância Toll_UE_Pw usada antes: uma condição de estabilidade é decretada ter sido alcançada se, ao passar do genérico (k-1) à próxima iteração k da malha, resultar que:

$$\left| p^{DCH}_{(m,n),s}(k)_{dB} - p^{DCH}_{(m,n),s}(k-1)_{dB} \right| \leq Toll_UE_Pw$$

para cada pixel (m, n) da área sob planejamento, e para cada serviço s.

[0089] Assim, de acordo com a concretização descrita da presente invenção, a etapa de controle de congestão 330 permite controlar a carga de célula em ligação ascendente, e descartar de consideração, da fase de controle de potência de ligação ascendente, um subconjunto de pixéis para cada uma das células que resultam estarem sobrecarregadas (isto é, aquelas células para as quais o fator de carga calculado excede o fator de carga permissível máximo). Deste modo, é evitada a necessidade de executar a fase de controle de admissão preliminar para a fase de controle de potência de ligação ascendente. Os resultados da análise de ligação ascendente executada de acordo com a concretização descrita da invenção não são afetados por suposições mais ou menos realísticas, como era ao invés o caso se a fase de controle de admissão seria executada, particularmente em relação à interferência na ligação ascendente: a carga de célula é na realidade controlada diretamente dentro da fase de controle de potência de ligação ascendente.

[0090] Esta abordagem permite superar as limitações das metodologias de planejamento da técnica anterior, e o dimensionamento das áreas de serviço é mais preciso, por meio de que a estimação do tráfego servido e do desempenho de rede são melhores.

[0091] O método descrito acima pode ser implementado em hardware, software, ou parcialmente em hardware e parcialmente em software. Em particular, pode ser efetuado por um aparelho de processamento de dados programado adequadamente ou sistema como um computador pessoal ou uma estação de trabalho; a estrutura de um computador de propósito geral 400 é descrita esquematicamente na Figura 4.

[0092] O computador 400 é incluído de várias unidades que estão conectadas em paralelo a um barramento de sistema 403. Em detalhes, um

(possivelmente mais) processador (μP) 406 controla a operação do computador 400; uma RAM 409 é usada diretamente como uma memória de trabalho pelo microprocessador 406, e uma ROM 411 armazena o código básico para uma iniciação do computador 400. Unidades periféricas estão conectadas (por meio de interfaces respectivas) a um barramento local 413. Particularmente, dispositivos de armazenamento de massa incluem um disco rígido 415 e uma unidade de acionamento de CD-ROM/DVD-ROM 417 para ler CD-ROMs/DVD-ROMs 419. Além disso, o computador 400 tipicamente inclui dispositivos de entrada 421, por exemplo um teclado e um mouse, e dispositivos de saída 423, tal como um dispositivo de exibição (monitor) e uma impressora. Uma Placa de Interface de Rede (NIC) é usada 425 para conectar o computador 400 a uma rede 427, por exemplo uma LAN. Uma unidade de ponte 429 conecta o barramento de sistema 403 com o barramento local 413. Cada microprocessador 406 e a unidade de ponte 429 pode operar como agentes mestres pedindo um acesso ao barramento de sistema 403 para transmitir informação; um árbitro 431 administra a concessão do acesso ao barramento de sistema 403.

[0093] Figura 5 é uma representação pictórica dos componentes de programa de computador principais adaptados para implementar o método de análise de ligação ascendente acima descrito, de acordo com uma concretização da invenção. Em particular, Figura 5 descreve esquematicamente um conteúdo parcial da memória de trabalho 409 do computador da Figura 4. A informação (programas e dados) é armazenada tipicamente nos discos rígidos e carregada (pelo menos parcialmente) na memória de trabalho quando o programa é executado. Os programas podem ser instalados inicialmente sobre os discos rígidos de, por exemplo, CD-ROMs ou DVD-ROMs, ou eles podem ser carregados de, por exemplo, uma máquina de servidor de distribuição pela rede de comunicação de dados 427.

[0094] As entradas 500 para o programa incluem por exemplo o

número de células e o local delas, o serviço de rede pretendido a ser provido, o tráfego e sua distribuição pelos pixéis da área de planejamento, as faixas de potência de transmissão dos UEs e das células, e similar.

[0095] Um módulo de inicializador de potência de transmissão requerida 505 inicializa (por exemplo, a 0) os valores de variáveis 510 que representam as potências de transmissão requeridas dos UEs $P_{(m,n),s}^{DCH}$ por canal de tráfego e serviço. Semelhantemente, um módulo de inicializador de áreas de inatividade de serviço 515 inicializa (por exemplo, ao conjunto vazio) variáveis 520 representando as áreas de inatividade de serviço Ψ_s dos vários serviços de rede.

[0096] Um módulo de calculador de potência recebida total 525 calcula a potência total RTWP recebida pelas células de rede, aplicando a fórmula apresentada no antecedente, e um módulo de calculador de potência de transmissão requerida 530 calcula os valores das potências de transmissão requeridas dos UEs $P_{(m,n),s}^{DCH}$ atualizando os valores das variáveis 510. Baseado nos resultados do módulo de calculador de potência de transmissão requerida 530, um módulo de calculador de área de inatividade de serviço 535 recalcula as áreas de inatividade de serviço Ψ_s e atualiza os valores das variáveis 520.

[0097] Um módulo de detector de convergência 540 detecta quando convergência foi alcançada, verificando se as potências de transmissão calculadas em uma iteração atual diferem daquelas calculadas na iteração prévia por menos que a tolerância predeterminada. O módulo de detector de congestão 540 é adaptado para causar a parada da iteração quando uma condição de estabilidade é alcançada (como esquematizado pela chave 543).

[0098] Um módulo de controlador de congestão 545 executa um controle de situações de congestão. Um calculador de fator de carga 550 calcula os fatores de carga para as várias células, e um módulo de controle de fator de carga 555 averigua se há células congestionadas sobrecarregadas, para as quais o fator de carga excede o fator de carga máximo

predeterminado. Para as células congestionadas, um módulo de descongestionador de célula 560 remove das áreas de inatividade de serviço pixéis selecionados, de acordo com o procedimento descrito em detalhes no antecedente.

[0099] Um módulo de interface de homem/máquina 565, por exemplo uma interface gráfica de usuário, permite exibir os resultados do algoritmo de controle de potência de ligação descendente.

[00100] Embora a presente invenção tenha sido exposta e descrita por meio de algumas concretizações, é aparente àqueles qualificados na técnica que várias modificações às concretizações descritas, como também outras concretizações da presente invenção são possíveis sem partir do espírito ou características essenciais dela/da extensão dela como definida nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para planejar uma rede de telecomunicações móvel celular (100), incluindo pelo menos uma célula de rede (C1, ..., Cn) e pretendida para prover pelo menos um serviço de rede para equipamentos de usuário (125) localizados em dita célula de rede, incluindo as etapas de:

a) inicializar (305), para a pelo menos uma célula de rede, uma área de serviço e uma potência de transmissão para cada equipamento de usuário;

b) estimar (310) uma potência total recebida por pelo menos uma célula de rede dos equipamentos de usuário localizados na área de serviço e usar o pelo menos um serviço de rede;

c) baseado na potência recebida total estimada, variar (315) a área de serviço e as potências de transmissão requeridas a partir dos equipamentos de usuário localizados na área de serviço a fim de alcançar um constrangimento de qualidade de serviço visada e identificar uma célula de rede, entre a pelo menos uma célula de rede, que requer potência de transmissão mínima como uma célula de serviço para o pelo menos um serviço de rede;

d) iterar (320) ditas etapas b e c) até que uma condição de estabilidade seja alcançada, em que a variação de potência de transmissão para pelo menos uma fração predeterminada dos equipamentos de usuário localizados na área de serviço é mais baixa do que um limiar predeterminado;

e) calcular (330) uma potência recebida total recebida por pelo menos uma célula de rede correspondendo às potências de transmissão no terminal da etapa d);

caracterizado pelo fato de que inclui adicionalmente as etapas de:

f) averiguar (330) se a potência recebida total calculada na etapa e) é mais baixa do que uma potência recebida máxima permissível, e, no caso negativo:

g) restringir (330) dita área de serviço; e

h) repetir (340, 345, 350) ditas etapas de b) a g) para dita área de serviço restringida.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita área de serviço é restringida baseado em uma diferença entre o fator de carga de ligação ascendente calculado e o fator de carga de ligação ascendente máximo.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a dita área de serviço é restringida proporcionalmente à dita diferença.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a dita área de serviço inclui uma pluralidade de elementos de área elementares, e dita restrição inclui:

estabelecer uma lista ordenada de ditos elementos de área elementares baseado no valor de um parâmetro indicativo de uma contribuição respectiva de ditos elementos de área elementares para a potência recebida total; e

descartar pelo menos um de ditos elementos de área elementares a um fim de dita lista.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o dito parâmetro inclui a perda de ligação de ligação ascendente.

6. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o dito parâmetro inclui o tráfego total oferecido por dito pixel.

7. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o dito parâmetro inclui o tipo de tráfego oferecido por dito pixel.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações

precedentes, caracterizado pelo fato de que inicializar dita área de serviço inclui tomar como uma área de serviço inicial uma área de melhor servidor da célula calculada para um canal de comunicação predeterminado.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o dito canal de comunicação predeterminado é o Canal Piloto Comum CPICH.

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de inicializar, para a pelo menos uma célula de rede, a potência de transmissão para cada equipamento de usuário inclui inicializar a potência de transmissão a um valor dependente de, particularmente proporcional a um valor para o qual a área de serviço é inicializada.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de inicializar, para o pelo menos uma célula de rede, a potência de transmissão para cada equipamento de usuário inclui inicializar a potência de transmissão a um valor dependente de, particularmente proporcional a uma quantidade de tráfego oferecido à célula baseado em um valor para o qual a área de serviço é inicializada.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o constrangimento de qualidade de serviço é uma relação de sinal para ruído de serviço visada.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que averiguar se a potência total recebida é mais baixa do que uma potência recebida máxima inclui calcular um fator de carga de ligação ascendente correspondendo à potência recebida total calculada na etapa e); e

averiguar se o fator de carga de ligação ascendente calculado é mais baixo do que um fator de carga de ligação ascendente máximo.

14. Memória legível por computador, caracterizado pelo fato de incluir instruções legíveis por computador que quando executadas em um

sistema de computador, efetuam as etapas de:

a) inicializar (305), para a pelo menos uma célula de rede, uma área de serviço e uma potência de transmissão para cada equipamento de usuário;

b) estimar (310) uma potência total recebida por pelo menos uma célula de rede dos equipamentos de usuário localizados na área de serviço e usar o pelo menos um serviço de rede;

c) baseado na potência recebida total estimada, variar (315) a área de serviço e as potências de transmissão requeridas a partir dos equipamentos de usuário localizados na área de serviço a fim de alcançar um constrangimento de qualidade de serviço visada e identificar uma célula de rede, entre a pelo menos uma célula de rede, que requer potência de transmissão mínima como uma célula de serviço para o pelo menos um serviço de rede;

d) iterar (320) ditas etapas b e c) até que uma condição de estabilidade seja alcançada, em que a variação de potência de transmissão para pelo menos uma fração predeterminada dos equipamentos de usuário localizados na área de serviço é mais baixa do que um limiar predeterminado;

e) calcular (330) uma potência recebida total recebida por pelo menos uma célula de rede correspondendo às potências de transmissão no terminal da etapa d);

f) averiguar (330) se a potência recebida total calculada na etapa e) é mais baixa do que uma potência recebida máxima permissível, e, no caso negativo:

g) restringir (330) dita área de serviço; e

h) repetir (340, 345, 350) ditas etapas de b) a g) para dita área de serviço restringida.

15. Rede de telecomunicações móvel celular planejada de acordo com o método como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de incluir pelo menos uma célula de rede e pretendida para prover

serviços de rede para usuários localizados em dita célula de rede.

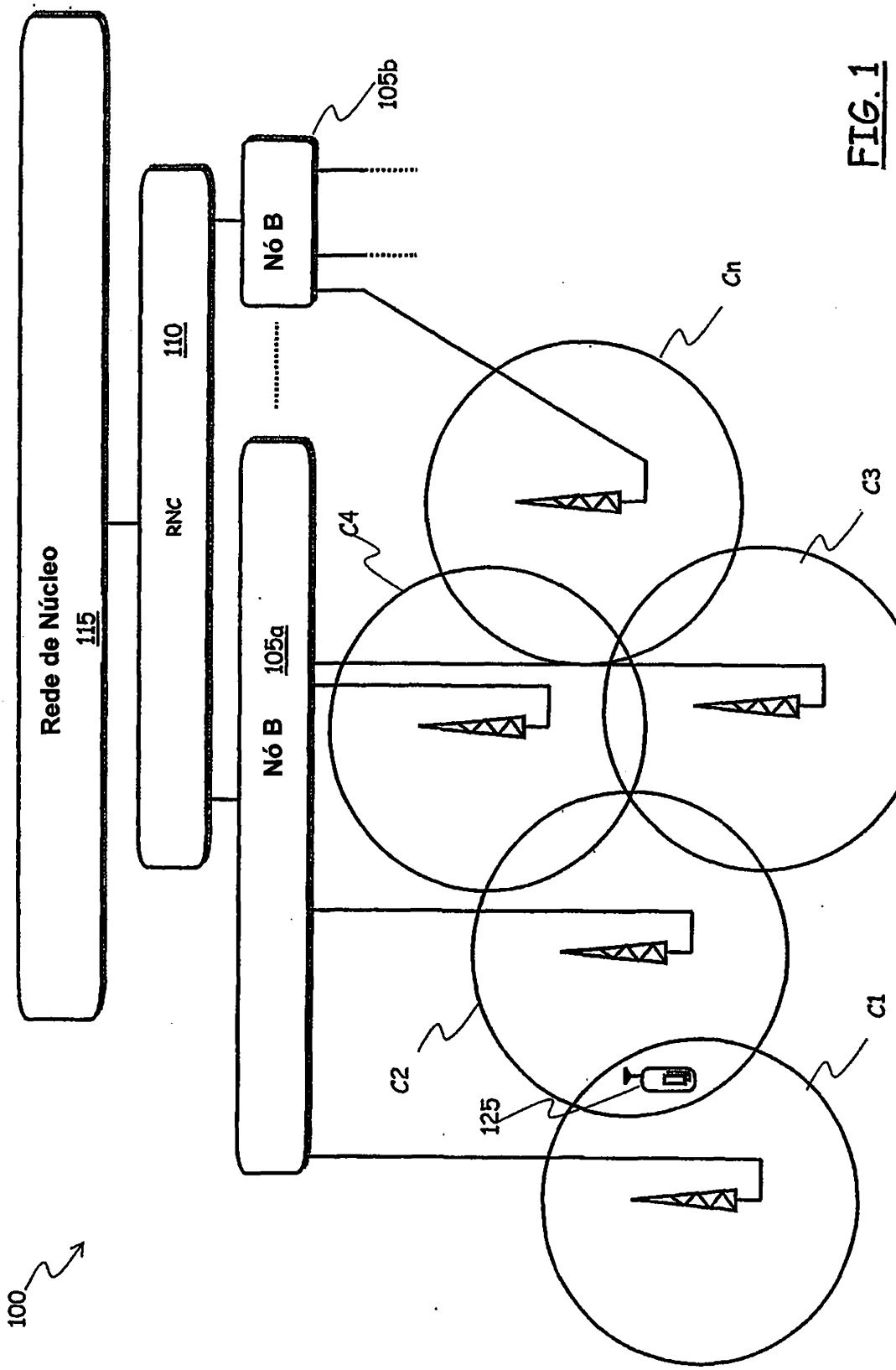

100
Rede de Núcleo
115
RNC
110
Nó B
105a
Nó B
105b
C1
C2
C3
C4
Cn
125

FIG. 1

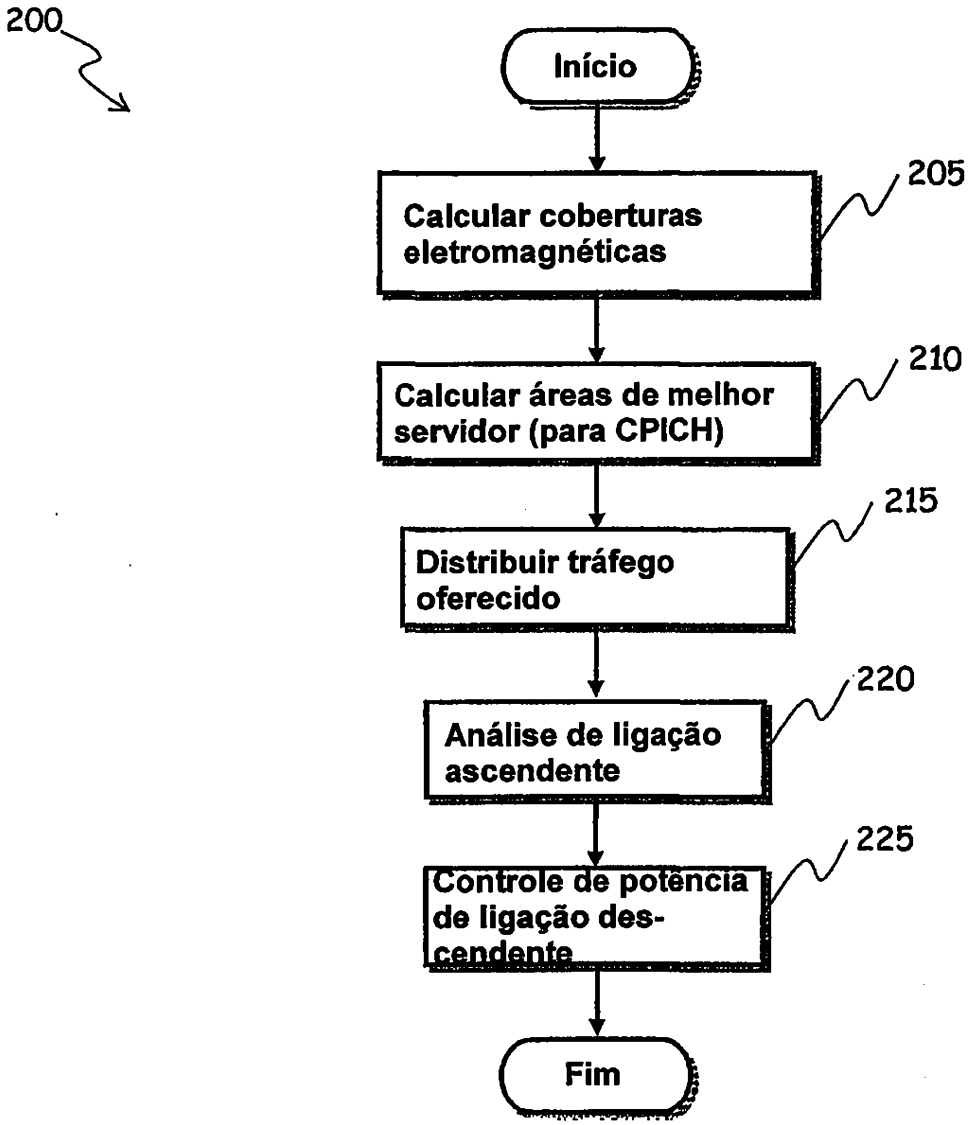

200
Início
Calcular coberturas eletromagnéticas
205
Calcular áreas de melhor servidor (para CPICH)
210
Distribuir tráfego oferecido
215
Análise de ligação ascendente
220
Controle de potência de ligação descendente
225
Fim

FIG. 2

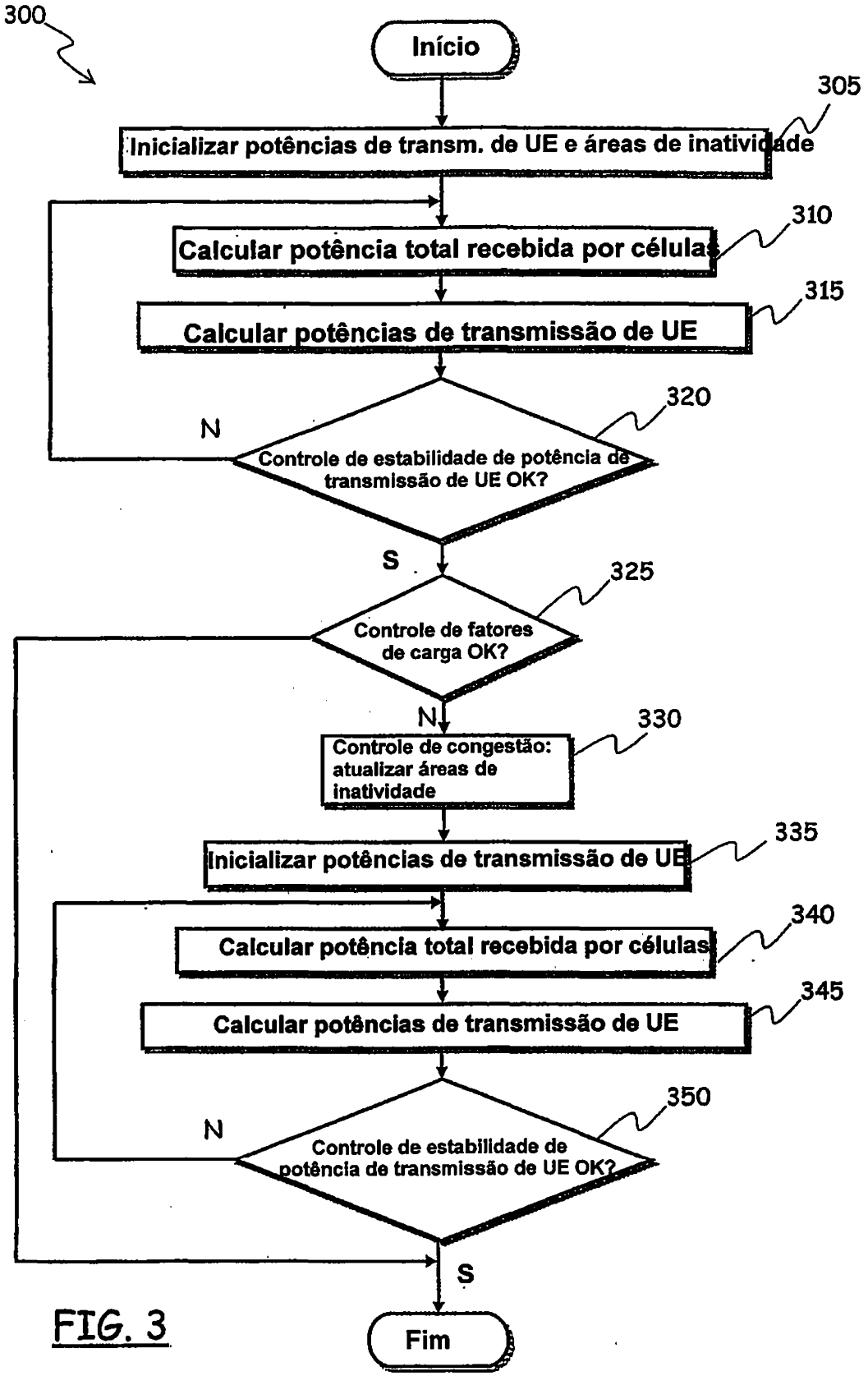

300
Início
305
Inicializar potências de transm. de UE e áreas de inatividade
310
Calcular potência total recebida por células
315
Calcular potências de transmissão de UE
320
Controle de estabilidade de potência de transmissão de UE OK?
N
S
325
Controle de fatores de carga OK?
N
330
Controle de congestão: atualizar áreas de inatividade
335
Inicializar potências de transmissão de UE
340
Calcular potência total recebida por células
345
Calcular potências de transmissão de UE
350
Controle de estabilidade de potência de transmissão de UE OK?
N
S
Fim

FIG. 3

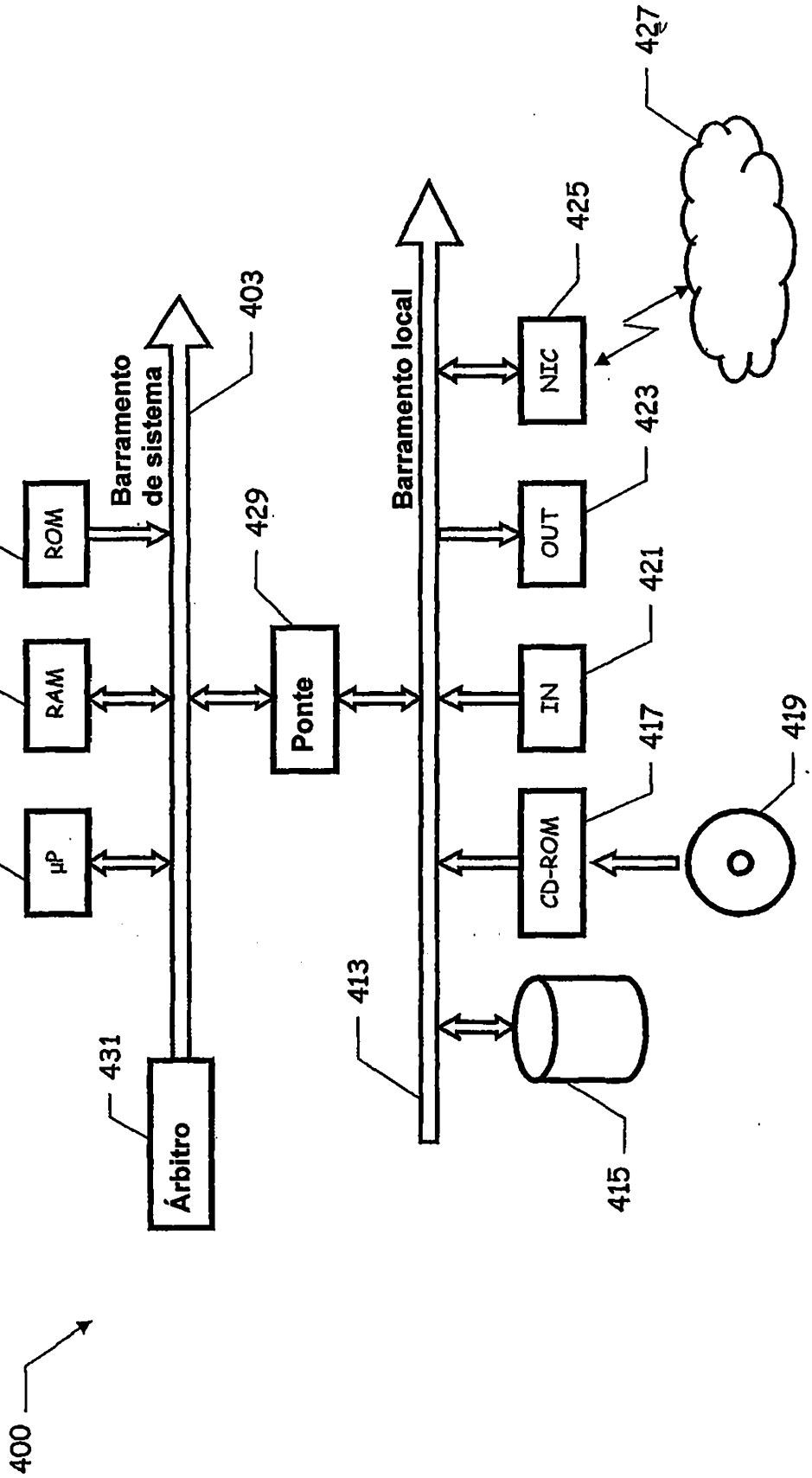

400
Árbitro
431
Barramento de sistema
403
611
ROM
409
RAM
406
μP
429
Ponte
Barramento local
413
415
417
CD-ROM
419
421
IN
423
OUT
425
NIC
427

FIG. 4

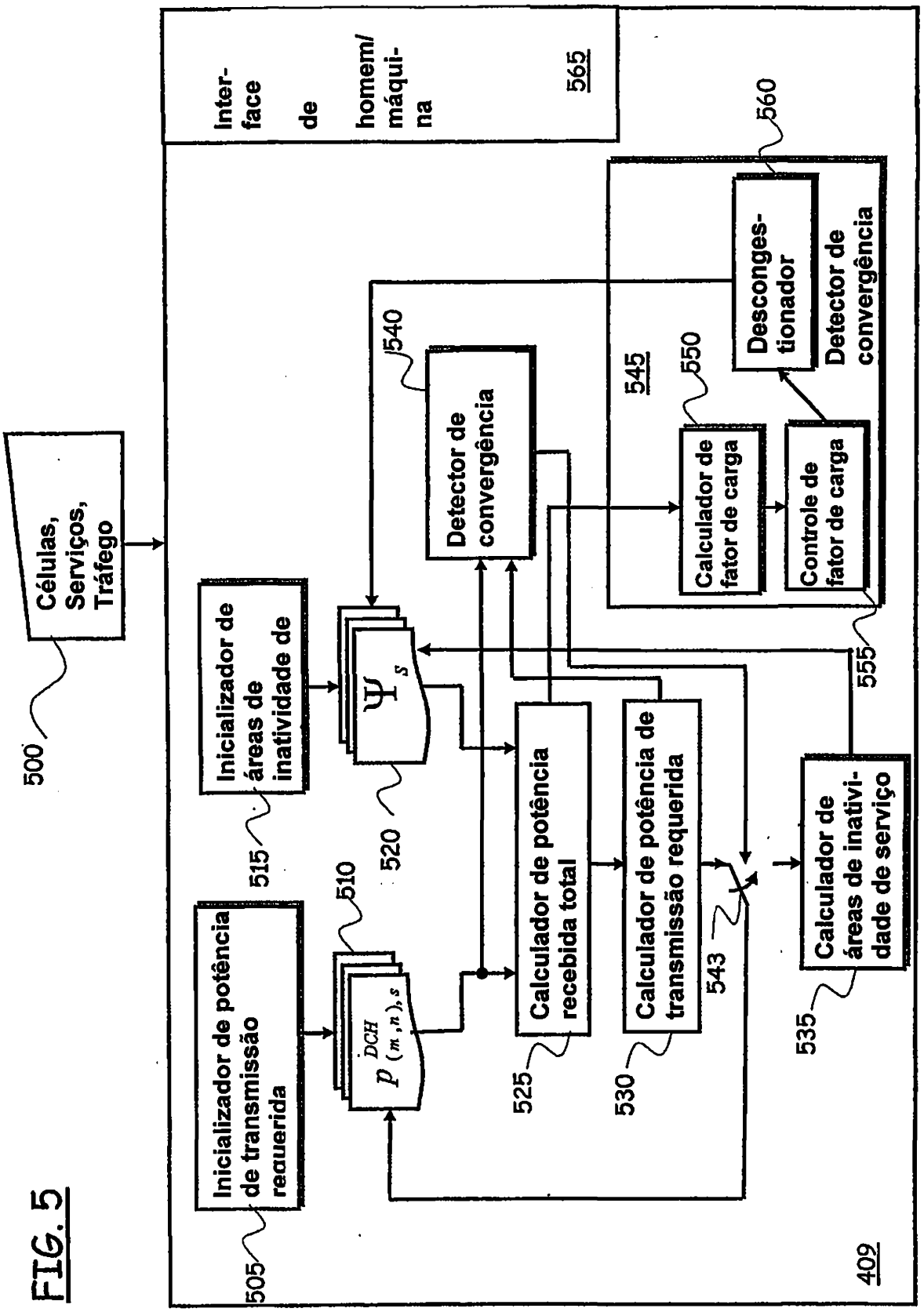

Células, Serviços, Tráfego
500
Inter-face de homem/ máqui-na
565
Inicializador de potência de transmissão requerida
505
Inicializador de áreas de inatividade de
515
$p^{DCH}_{(m,n),s}$
510
Ψ_s
520
Detector de convergência
540
Calculador de potência recebida total
525
Calculador de potência de transmissão requerida
530
543
Calculador de áreas de inatividade de serviço
535
545
Calculador de fator de carga
550
Controle de fator de carga
555
Desconges-tionador
560
Detector de convergência
409

FIG. 5