



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

(11) PI 0400115-0 B1



(22) Data do Depósito: 23/01/2004

(45) Data de Concessão: 30/10/2018

(54) Título: MÉTODO DE AJUSTE DE POTÊNCIA DE EQUIPAMENTOS DE TRANSMISSÃO SEM FIO SEGUNDO O PERFIL DE OBSTÁCULOS E OCUPAÇÃO DO TERRENO E SEU USO

(51) Int.Cl.: H04W 52/22; H04W 52/28.

(52) CPC: H04W 52/22; H04W 52/28.

(73) Titular(es): INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA - COPPE/UFRJ.

(72) Inventor(es): CLAUDIO LUIS DE AMORIM; SERGIO KOSTIN.

(57) Resumo: "MÉTODO DE AJUSTE DE POTÊNCIA DE EQUIPAMENTOS DE TRANSMISSÃO SEM FIO SEGUNDO O PERFIL DE OBSTÁCULOS E OCUPAÇÃO DO TERRENO E SEU USO". A inovação ora proposta refere-se a um método que permite a equipamentos de transmissão sem fio ajustarem a sua potência de transmissão de acordo com a obstrução que a transmissão sofre devido à disposição geométrica dos obstáculos do terreno em que serão utilizados, bem como a sua distribuição probabilística de ocupação, sendo a implementação do método prevista, em equipamentos de telecomunicações, como redes de sensores, telefones celulares, dispositivos de rastreamento e localização, dentre outros.

10

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
"MÉTODO DE AJUSTE DE POTÊNCIA DE EQUIPAMENTOS DE TRANSMISSÃO
SEM FIO SEGUNDO O PERFIL DE OBSTÁCULOS E OCUPAÇÃO DO TERRENO
E SEU USO"

5 CAMPO TÉCNICO

A presente invenção refere-se à um método que
permite a equipamentos de transmissão sem fio ajustarem a sua
potência de transmissão de acordo com a obstrução que a
transmissão sofre devido a disposição geométrica dos
10 obstáculos do terreno em que serão utilizados, bem como a sua
distribuição probabilística de ocupação.

TÉCNICAS ANTERIORES

Em equipamentos móveis de transmissão sem fio tais
como telefones celulares, Laptops, PDAs e redes de sensores,
15 é importante utilizar uma potência de transmissão adequada
que garanta boa qualidade de comunicação ao mesmo tempo que
tente maximizar o tempo de vida útil da bateria desses
equipamentos.

Para isso, esses equipamentos dispõem de um
20 dispositivo de ajuste de potência de transmissão que se
adequam à infraestrutura de comunicação onde eles atuam.

Basicamente, esses dispositivos ajustam a potência
de transmissão de forma crescente e gradual, em função da
distância do receptor, a qual é estimada pelo nível de sinal
25 que o transmissor recebe do receptor e vice-versa, ou seja,
quanto mais distante menor é o nível do sinal recebido.

M

De acordo com o tipo de infraestrutura de comunicações, a potência de transmissão é ajustada através de um dos três seguintes métodos.

5 O primeiro método é utilizado quando existe uma estação-base de telefonia celular ou um ponto de acesso para computação móvel, com uma infraestrutura pré-instalada. Neste caso, o dispositivo utiliza apenas o nível de sinal recebido da estação-base no caso de telefonia celular ou do ponto de acesso no caso de computação móvel.

10 O segundo método é usado freqüentemente em redes móveis ad-hoc, redes estas que não possuem suporte de uma infraestrutura de comunicação pré-estabelecida. Neste ambiente, o dispositivo aumenta gradualmente o nível de potência de transmissão até estabelecer contato com outros
15 equipamentos.

Um método alternativo ao segundo, também utilizado em redes sem infraestrutura de comunicações, o dispositivo de ajuste de potência de transmissão utiliza um sistema de posicionamento, tipicamente o GPS (Global Positioning System
20 ou Sistema de Posicionamento Global), conjuntamente com um Sistema de Informações Geográficas (GIS).

Através das informações de posicionamento e obstáculos fornecidas, este método consegue estimar com significativa precisão as distâncias de transmissão e os
25 obstáculos encontrados no terreno, permitindo ao dispositivo operar muito mais próximo da potência de transmissão ideal.

12

Em geral, os mecanismos de ajuste potência baseados em métodos precisos de localização, como o descrito no terceiro método, demandam alto poder de processamento, além de necessitarem também de dispositivos embutidos de localização. Mesmo assim, esses dispositivos não garantem em todos os instantes a localização precisa do próprio equipamento, o que reduz sua eficácia nesses casos

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um método de ajuste de potência para equipamentos móveis sem fio.

Esta invenção se baseia na disposição espacial dos obstáculos do terreno em que os equipamentos irão atuar, bem como a distribuição de probabilidade de ocupação geográfica de emissores e receptores.

Mais concretamente, o método produz e utiliza informações estatísticas sobre as características de obstrução da transmissão do terreno considerando seus obstáculos bem como a distribuição de probabilidade de ocupação de emissores e receptores para ajustar a potência de transmissão através de duas métricas: o coeficiente de bloqueio do terreno e o coeficiente de transmissão útil.

O coeficiente de bloqueio do terreno (BT) é a razão entre a área de recepção que poderia ser alcançada e, no entanto, é obstruída em razão da presença de obstáculos, dividido pela soma desta mesma área mais a área de recepção que não foi afetada pelos obstáculos. O denominador inclui tanto os pontos bloqueados pelo terreno, bem como aqueles

13

efetivamente alcançados, resultando em um número igual ou menor do que um (1) e maior que zero (0). Ao se calcular a área, deve-se levar em consideração a probabilidade de ocupação de cada ponto pelos receptores.

5 O coeficiente de transmissão útil (TU) do terreno é a razão entre a área dentro do alcance de transmissão não obstruída pelos obstáculos e, portanto, efetivamente alcançável pelo emissor considerando os obstáculos do terreno e a área de alcance de transmissão. Da mesma forma que no
10 cálculo de BT, em TU leva-se em consideração também a distribuição de probabilidade de ocupação de emissores e receptores.

Estas características, outros objetivos e vantagens da invenção ficam mais fáceis de se entender e melhor
15 descritos se a mesma for lida conjuntamente com as seguintes figuras:

Figura 1: Mapa do terreno com distribuição de probabilidades de ocupação dos emissores (e analogamente por receptores).

20 *Figura 2:* Coeficiente de Bloqueio do Terreno (BT) e Coeficiente da Transmissão Útil (TU) do terreno.

Figura 3: Distribuição por transmissão dos coeficientes BT e TU pelos equipamentos em ambiente abertos.

25 *Figura 4:* Distribuição por transmissão dos coeficientes BT e TU pelos equipamentos em ambiente fechados.

14

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Mapa de distribuição de probabilidade de ocupação de receptores e emissores.

Equipamentos de transmissão móvel que se movimentam em uma determinada área tendem a formar um perfil de ocupação das mesmas. Pedestres normalmente se movimentam em calçadas e ficam em áreas de lazer. Automóveis normalmente ocupam as pistas de rolamento. Assim, de acordo com o tipo de equipamento e a sua finalidade, é possível se traçar as características de ocupação do terreno.

Na [figura 1] temos um exemplo de um mapa de distribuição de probabilidade de ocupação de receptores baseada em pesos relativos de ocupação. Estes pesos relativos são obtidos da densidade de probabilidade da região em questão. Assuma-se um mesmo mapa correspondente para os emissores, cuja forma não necessariamente precisa ser igual.

A distribuição de probabilidade de ocupação do terreno é dependente do tempo, do número de emissores e receptores existentes na região em questão e também pode ser de probabilidade condicional ($P(A|B)$).

Para efeito de ilustração, o mapa da figura 1 ilustra casos de probabilidade de pesos relativos que são ser obtidos através de uma mapa de densidade de probabilidade. A área de maior peso ($p=4$) representa, por exemplo, uma calçada por onde transitassem pedestres que carregassem equipamentos de transmissão. A probabilidade de ocuparem espaços longe da calçada diminui conforme a distância. Na [figura 1] temos uma

15

área cujo peso relativo é igual a 0. Ela pode representa uma área cuja probabilidade de ocupação seja nula.

Deve-se também, verificar os obstáculos presentes neste cenário que pudessem interferir nas transmissões. Outro ponto interessante corresponde as áreas onde a ocupação por parte tanto de emissores como de receptores seja improvável, como, por exemplo, a área com coeficiente de peso relativo igual a 0. Esta região representa, por exemplo, um lago.

De acordo com cada região, pode-se elaborar um mapa que indique a distribuição de probabilidade de ocupação por parte de emissores e receptores e isto pode variar em função da variável tempo.

Os dados referentes à probabilidade de ocupação por emissores e receptores serão utilizados posteriormente quando do cálculo dos coeficientes BT e TU. No modelo proposto da invenção, a média ponderada dos pesos faz com que os coeficientes BT e TU sejam iguais ou inferiores a 1 e iguais ou maior que 0.

A área em questão será o domínio da função de cálculo dos coeficientes, fornecendo os dados de probabilidade de ocupação e determinando se a transmissão de dados será ou não obstruída.

Coeficiente de bloqueio do terreno (BT)

O coeficiente de bloqueio do terreno corresponde à métrica de obstrução que os acidentes geográficos existentes em um determinado cenário ocasionam nas transmissões eletromagnéticas. Com ele é possível determinar

aproximadamente a porcentagem de transmissões que foram obstruídas em face dos obstáculos existentes no terreno.

Utilizando-se um mapa do terreno e a distribuição de probabilidades de ocupação dos pontos do terreno [figura 1], o cálculo do coeficiente de bloqueio, BT, [figura 2] é obtido utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Coeficiente de bloqueio do terreno (A)} = \frac{\sum p_e \cdot \frac{\sum_{r=\text{pontos bloqueados pelo terreno}} p_r \cdot B_{co}(R, e, r)}{\sum_{r=\text{pontos bloqueados pelo terreno}} p_r \cdot B_{co}(R, e, r) + \sum_{r=\text{pontos alcançados por } e} p_r \cdot F_{co}(R, e, r)}}{\sum p_e} \quad (1)$$

Onde:

10 e: Coordenadas geográficas do emissor (em duas ou três dimensões)

p_e : representa a peso relativo de probabilidade de ocupação do emissor encontrar-se na posição em que se está calculando.

15 r: coordenadas geográficas do receptor (em duas ou três dimensões). A função somatório corresponde a todos os pontos que seriam alcançados pela emissão eletromagnética em um terreno em que os obstáculos não existissem.

20 p_r : representa a peso relativo de probabilidade de ocupação do receptor encontrar-se na posição em que se está calculando.

B_{co} : função que retorna 1 caso exista algum obstáculo que interrompa a transmissão entre $\underline{e}$ e $\underline{r}$ e 0 caso contrário.

F_{co} : função inversa de B_{co} , retornando 0 caso exista algum obstáculo entre $\underline{e}$ e $\underline{r}$ e 1, caso contrário.

R : Raio (alcance) de transmissão do equipamento.

A : Região onde o coeficiente é calculado.

De acordo com a fórmula (1), verifica-se que o coeficiente de bloqueio considera também a probabilidade de existir ou não um emissor ou um receptor em uma determinada área do terreno. Mais especificamente, embora numa área do terreno possa não existir qualquer obstáculo, a probabilidade de um receptor estar no local é praticamente nula. Por exemplo, se a área for ocupada por um lago ou por um rio, a probabilidade de existir um receptor ou um transmissor será mínima ou mesmo nula.

Um dado importante a ressaltar é que o coeficiente BT é função do raio de transmissão do equipamento. Equipamentos com maior alcance de transmissão estão mais sujeito a sofrer interferência dos obstáculos existentes na região onde estão operando.

O cálculo de BT é realizado a priori, em sistema de lote, e além deste coeficiente são obtidos outros dados estatísticos referentes a cada posição do emissor como variância, desvio padrão, mediana, valores máximos e mínimos.

Coeficiente de Transmissão Útil (TU) 18

O coeficiente de transmissão útil corresponde à métrica de utilização efetiva da transmissão eletromagnética, em função dos obstáculos presentes. Com esta métrica é possível calcular quanto da emissão eletromagnética é efetivamente aproveitada.

O coeficiente de transmissão útil [figura 2] é obtido utilizando além do mapa do terreno [figura 1] contendo os obstáculos, a distribuição de probabilidades de ocupação dos pontos do terreno. Isto é devido ao fato de que determinadas posições podem ser mais ocupadas que outras. Uma probabilidade de ocupação é associada à cada um dos pontos do terreno no qual possa haver a presença de um transmissor/receptor. Além disso, um diferente coeficiente TU é calculado levando em consideração cada raio de alcance (R) de transmissão no qual o equipamento possa operar.

À semelhança do BT, o cálculo de cada coeficiente TU é realizado através da simulação para cada um dos pares transmissor-receptor possíveis do terreno, considerando a distribuição de probabilidades de ocupação. Especificamente, para cada ponto de transmissão, é considerada a probabilidade de cada um dos pontos possíveis de recepção estar ocupado. Para cada coeficiente TU calculado, são gerados os dados estatísticos referentes à cada alcance possível, em especial a média, o desvio padrão, o máximo, o mínimo e a mediana.

O coeficiente TU é calculado segundo a fórmula abaixo. Desprezam-se também os pontos onde a probabilidade de existir um receptor seja igual a zero.

$$\text{Coeficiente de transmissão útil (A)} = \frac{\sum p_e \cdot \frac{\sum_{\substack{r = \text{pontos} \\ \text{alcançados} \\ \text{por } e}} p_r \cdot F_{\infty}(R, e, r)}{\sum_{\substack{r = \text{pontos} \\ \text{alcançados} \\ \text{por } e}} p_r \cdot F_{so}(R, e, r)}}{\sum p_e} \quad (2)$$

As variáveis desta equação são as mesmas da calculada em BT, com o acréscimo da função F_{so} , que representa a interação entre s e t sem os obstáculos.

- 5 O cálculo de TU é realizado a priori, em sistema de lote, e além deste coeficiente são obtidos outros dados estatísticos referentes a cada posição do emissor, como variância, desvio padrão, mediana, valores máximos e mínimos.

Distribuição dos coeficientes BT e TU

- 10 As [figura 3] e [figura 4] apresentam dois esquemas de transmissão de informação existentes. O esquema da [figura 3] se aplica a áreas abertas e o esquema da [figura 4] refere-se a áreas fechadas como, por exemplo, escritórios e apartamentos.

- 15 A invenção proposta serve tanto para ambientes fechados como para ambientes abertos. A diferença seria a forma de recepção dos dados.

- 20 Em um ambiente aberto com infraestrutura de comunicações, a estação de rádio base transmite os dados estatísticos referentes aos coeficiente BT e TU. Esta estação de rádio base funciona a semelhança com o que ocorre nas Estações Rádio Base das redes de telefonia celular, onde uma estação é a responsável pela comunicação dos emissores

20

móveis. Nesta invenção, esta ERB será responsável por difundir as informações estatísticas de BT e TU para as potências de operação que um emissor possa trabalhar.

5 Em ambientes fechados com estrutura pré-estabelecida, a responsabilidade de transmitir os coeficiente para os elementos de computação móvel, ficará a cargo de nós distribuidores, que seriam equipamentos transmissores que teriam a base de dados referente as métricas em questão.

10 Em ambiente sem a infraestrutura de comunicações, esta passagem de informações ficará sob responsabilidade de elementos móveis com maior capacidade de processamento, possuindo tanto capacidade de localização, bem como possuiriam, a priori, os dados estatísticos referentes a diversos cenários. Ao entrar em contato com outros
15 dispositivos que não possuíssem estes dados, estes elementos com maior capacidade de processamento fariam a difusão das informações.

Mecanismo de ajuste de potência.

20 Os coeficientes BT e TU podem ser combinados para se ajustar potência de transmissão do equipamento.

De posse dos dados obtidos da ERB, o equipamento escolhe a potência mais adequada para a região em que se encontra, permitindo usar a potência sem que se desperdice energia inutilmente, pois há determinadas potências de transmissão
25 cuja operação teriam a mesma eficiência com uma potência menor.

21

Este critério de escolha da melhor potência serve apenas como ilustração e outros critérios utilizando os dados desta invenção são também possíveis.

No caso de TU, este multiplicado pelo quadrado do raio de alcance (R^2), determina a área efetivamente alcançada pelo emissor [3].

$$\text{Área alcançada} = TU \cdot R^2 [3]$$

TU é um coeficiente decrescente em função do raio. Assim a área alcançada pode ter valores idênticos para raios de alcance diferentes. Entretanto, observa-se que nunca ocorrerá o caso da área alcançada ser maior para um valor de R menor. Um outro fator a se levar em consideração é que o raio de alcance é proporcional ao cubo de potência aplicada.

De posse destas informações, o emissor poderá decidir adequadamente qual potência aplicar no seu transmissor de forma a alcançar a maior área possível com a menor probabilidade de perda possível.

Para algoritmos de localização, onde normalmente se busca um alcance de transmissão melhor, levando em consideração a informação de TU em conjunto com o Raio de transmissão de alcance, poderá se evitar desperdício de energia.

Os algoritmos de localização ainda se beneficiariam do coeficiente BT, pois poderiam obter a informação referente a quantos emissores/receptores seriam interrompidos pelo terreno, bem como estimar quantos saltos (hops) seriam

22

necessários para se alcançar determinado ponto do cenário em questão.

O uso previsto na presente invenção é a implementação do método em equipamentos de telecomunicações, como redes de sensores, telefones celulares, dispositivos de rastreamento e localização, dentre outros.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO DE AJUSTE DE POTÊNCIA DE EQUIPAMENTOS DE TRANSMISSÃO SEM FIO SEGUNDO O PERFIL DE OBSTÁCULOS E OCUPAÇÃO DO TERRENO que utiliza um mapa de coordenadas geográficas em duas ou três dimensões de vários emissores e receptores, que considera os obstáculos naturais ou não, que interferem na transmissão eletromagnética de emissores e receptores e, ainda, a distribuição de probabilidade de ocupação do terreno por parte de emissores e receptores, **caracterizado** pelo ajuste de potência dos equipamentos de transmissão ser através do cálculo e utilização de um coeficiente de bloqueio do terreno (BT), que é igual a razão entre a área de recepção que poderia ser alcançada e a soma desta mesma área mais a área de recepção que não foi afetada pelos obstáculos, bem como do cálculo e utilização de um coeficiente de transmissão útil (TU), que é igual a razão entre a área dentro do alcance de transmissão não obstruída pelos obstáculos e a área de alcance de transmissão, ambos coeficientes destinados ao cálculo de conectividade em um único salto e que levam em consideração a distribuição de probabilidade de posicionamento dos emissores e receptores, sendo o coeficiente de bloqueio do terreno (BT) calculado de acordo com a fórmula:

$$BT(A) = \frac{\sum p_e \cdot \frac{\sum_{\substack{r=\text{pontos} \\ \text{bloqueados} \\ \text{peloterreno}}} p_r B_{CO}(R, e, r)}{\sum_{\substack{r=\text{pontos} \\ \text{bloqueados} \\ \text{peloterreno}}} p_r B_{CO}(R, e, r) + \sum_{\substack{r=\text{pontos} \\ \text{alcançados} \\ \text{pore}}} p_r F_{CO}(R, e, r)}}{\sum p_e}$$

onde, e representa as coordenadas do emissor; p_e representa o peso relativo de probabilidade de ocupação do emissor encontrar-se na posição em que se está calculando; r representa as coordenadas geográficas do receptor; p_r

representa o peso relativo de probabilidade de ocupação do receptor encontrar-se na posição em que se está calculando; com uma função B_{co} que retorna 1 caso exista algum obstáculo que interrompa a transmissão entre um emissor e e um receptor r , e 0 caso contrário e com uma função F_{co} inversa de B_{co} , retornando 0 caso exista algum obstáculo impedindo a comunicação entre um emissor e e um receptor r e 1, caso contrário; ambas as funções, B_{co} e F_{co} , obtidas por meio de cálculo computacional de modelos de propagação para locais específicos, denominado como região de raio de ação R , de alcance de transmissão do equipamento, e sendo o coeficiente de transmissão útil (TU) calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$TU(A) = \frac{\sum p_e \cdot \frac{\sum_{\substack{r=\text{pontos} \\ \text{alcançados} \\ \text{por } e}} p_r \cdot F_{co}(R, e, r)}{\sum_{\substack{r=\text{pontos} \\ \text{alcançados} \\ \text{por } e}} p_r \cdot F_{so}}}{\sum p_e}$$

onde, e representa as coordenadas do emissor; p_e representa o peso relativo de probabilidade de ocupação do emissor encontrar-se na posição em que se está calculando; r representa as coordenadas geográficas do receptor; p_r representa o peso relativo de probabilidade de ocupação do receptor encontrar-se na posição em que se está calculando; com uma função F_{co} inversa de B_{co} , retornando 0 caso exista algum obstáculo impedindo a comunicação entre um emissor e e um receptor r e 1, caso contrário, sendo a função F_{co} obtida por meio de cálculo computacional de modelos de propagação para locais específicos, denominado como região R , de alcance de transmissão do equipamento, uma função F_{so} que representa a interação entre um emissor e e um receptor r sem os

obstáculos, sendo a função F_{so} a área teórica de alcance dentro da região de raio de alcance R , sendo os cálculos computacionais baseados em um modelo computacional de propagação de sinais de uma determinada região, bem como na ocupação desta região pelo dispositivos de transmissão e recepção.

2. Uso do método, conforme definido na reivindicação 1, **caracterizado** por ser aplicado em equipamentos de telecomunicações, como redes de sensores, telefones celulares, dispositivos de rastreamento e localização, dentre outros.

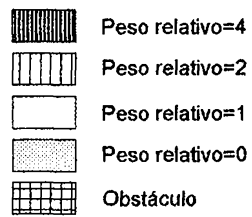
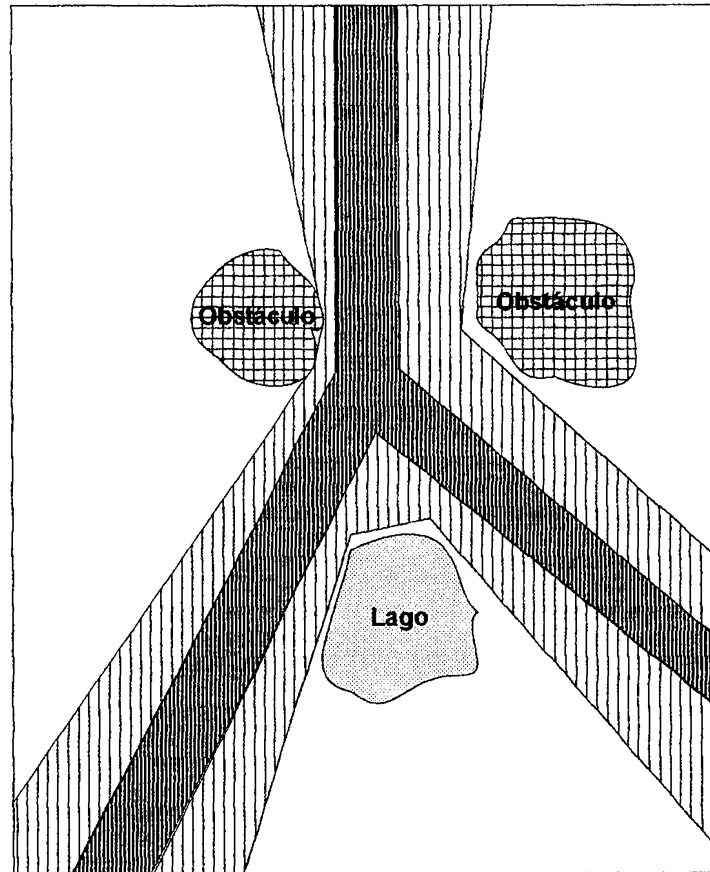


Figura 1

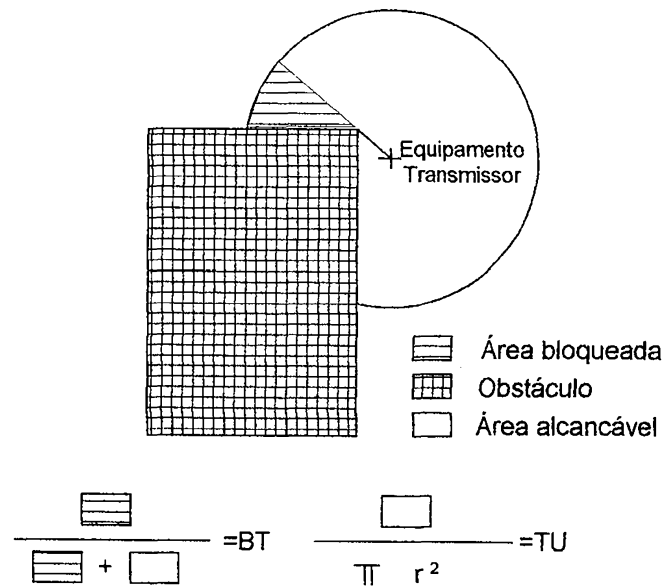


Figura 2

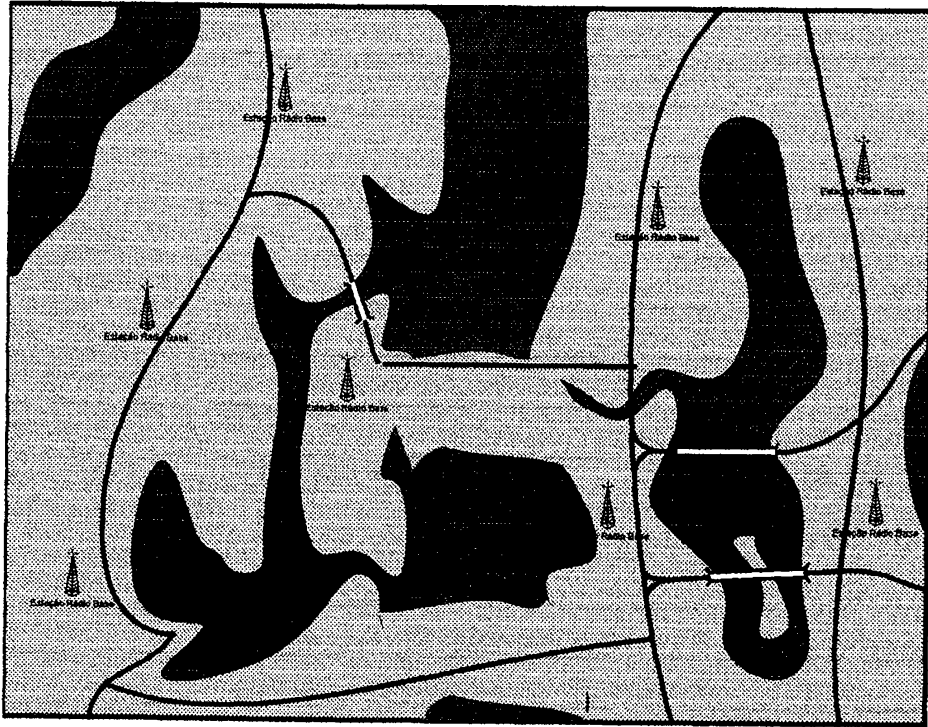


Figura 3

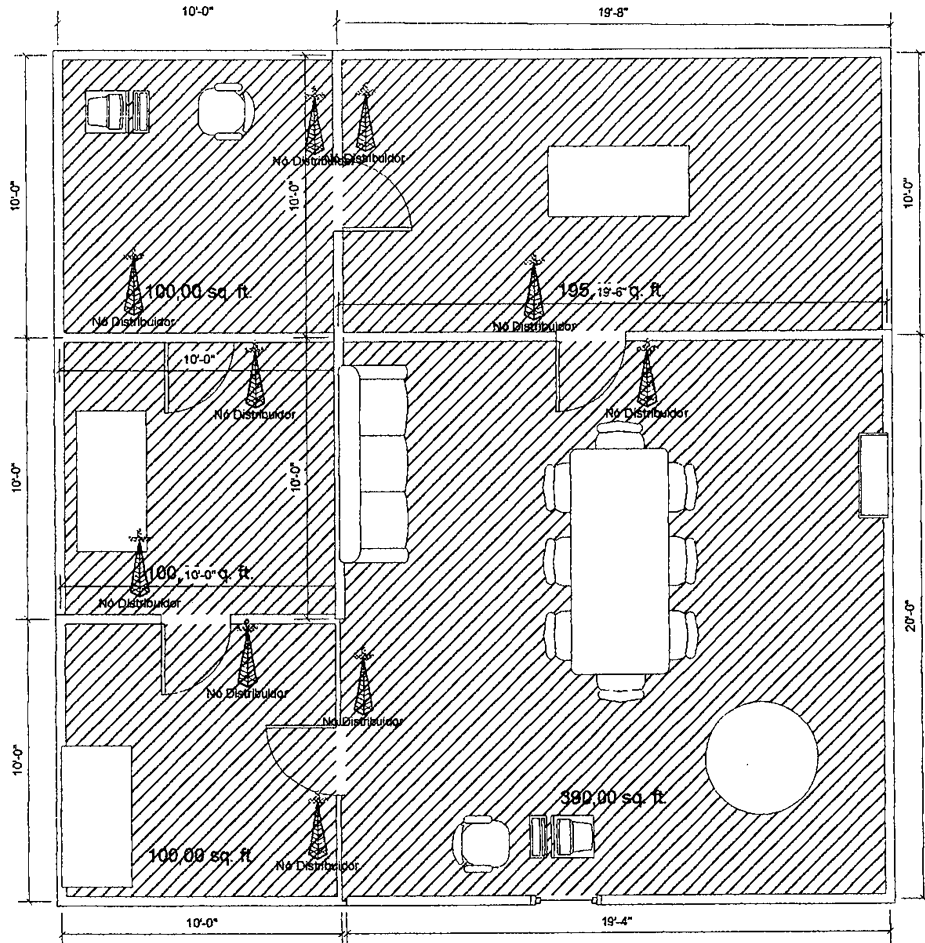


Figura 4