



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

(21) BR 112012015591-1 A2



(22) Data do Depósito: 23/12/2010

(43) Data da Publicação Nacional: 01/09/2020

(54) Título: LOCALIZAÇÃO DE FONTES DE SINAL ELETROMAGNÉTICO

(51) Int. Cl.: G01S 5/02; H04W 64/00; G01S 5/04; G01S 5/06; G01S 5/12; (...).

(30) Prioridade Unionista: 23/12/2009 US 61/289,735; 23/12/2009 US 12/806,213.

(71) Depositante(es): SENSEWHERE LIMITED.

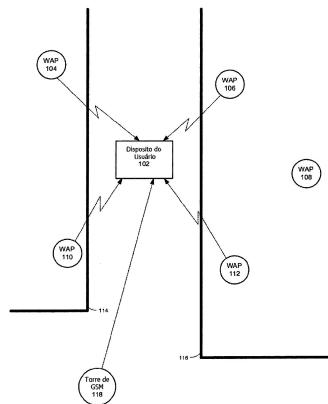
(72) Inventor(es): TUGHRUL SATI ARSLAN; ZANKAR UPENDRAKUMAR SEVAK; FIRAS ALSEHLY.

(86) Pedido PCT: PCT GB2010052206 de 23/12/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/077166 de 30/06/2011

(85) Data da Fase Nacional: 25/06/2012

(57) Resumo: Localização de fontes de sinal eletromagnético. É descrito um método de estimativa da localização de uma pluralidade de fontes de sinal eletromagnético, que compreende: o escaneamento de uma primeira pluralidade de locais para gerar os dados de posição de fonte de sinal, os dados de posição de fonte de sinal representam as estimativas da posição de ao menos uma de ditas fontes de sinal; o escaneamento em uma segunda pluralidade de locais usando um sistema de detecção de sinal para gerar os dados de detecção de sinal, os dados de detecção de sinal relativos aos sinais recebidos na segunda pluralidade de locais das fontes de sinal; processar os dados de posição de fonte de sinal em relação aos dados de detecção de sinal para corrigir os erros de estimativa nos dados de posição de fonte de sinal; e fornecer os dados de posição de fonte de sinal processados.



Localização de fontes de sinal eletromagnético.

Campo da invenção

A presente invenção se refere a um método e sistema para estimar a localização de uma pluralidade de fontes de sinal eletromagnético.

Fundamento da invenção

Um exemplo de uma fonte de sinal eletromagnético é um ponto de acesso sem fio, tal como uma estação de base *Wi-Fi* (Ponto de acesso sem fio), que é usado para se comunicar sem fio com um dispositivo de transmissão e recepção de radiação eletromagnética na forma de ondas de rádio. Outras fontes de sinal eletromagnético podem, por exemplo, incluir os dispositivos ópticos (infra-vermelho) de comunicações e sinalizadores eletromagnéticos/sem fio de diversos tipos.

Por vezes, é desejado estimar a localização de fontes de sinal eletromagnético. Em um exemplo, são determinados os detalhes da localização e outras propriedades de pontos de acesso sem fio (WAPs), torres de telefones celulares e outras fontes de sinal eletromagnético. Um dispositivo operado por um usuário pode então medir as propriedades dos sinais eletromagnéticos (tais como os sinais de rádio freqüência do WAP) detectados no dispositivo, e a localização e outros dados do usuário pode ser calculada com referência à localização previamente determinada. Por exemplo, um *smartphone* com capacidade de *Wi-Fi* pode determinar a identidade e a intensidade do sinal dos WAPs adjacentes, e uma triangulação pode ser realizada com base nas localizações conhecidas dos WAPs em questão, a fim de determinar a localização do *smartphone* (e, portanto, do usuário). Claramente, quanto melhor for a estimativa da localização das fontes de sinal (WAPs) melhor será a estimativa resultante da localização do usuário.

Em um exemplo particular de "war-driving" [rastreamento de redes sem fio com um veículo em movimento] é usado para determinar a localização de pontos de acesso sem fio (WAPs) dentro do alcance de um veículo conforme é conduzido ao redor dos referidos pontos. Um sistema de posicionamento global (GPS) ou unidade semelhante no veículo registra a localização do veículo, e o sinal do equipamento de detecção (incluindo, por exemplo, uma antena altamente direcional e o circuito da interface *Wi-Fi*) identifica a posição relativa e outras propriedades dos WAPs. A posição absoluta dos WAPs pode então ser determinada usando as duas partes de informação. Um processo semelhante pode ser conseguido através de "war-walking", no qual, o equipamento em escala reduzida é transportado por uma pessoa para alcançar o mesmo efeito.

O war-walking sofre de limitações na precisão com a qual a posição dos WAPs e outras fontes de sinais podem ser determinadas. A propagação dos sinais é afetada por fatores ambientais e efeitos como os múltiplos caminhos de

propagação e atenuação de sinal que podem se tornar mais significativos quanto mais longe se for a partir da fonte de sinal. A distância necessária entre o veículo em uma via e as estações de base WAP (geralmente instaladas no interior de edifícios distantes da via) pode levar a imprecisões significativas nas estimativas de localização da WAP, e outras WAPs podem não ser detectadas a toda essa distância. Estes fatores podem reduzir a precisão de um serviço de localização que use os dados derivados de *war-driving*.

O *war-walking* pode permitir que o equipamento de detecção seja trazido mais perto dos WAPs e até mesmo no interior de edifícios, mas uma vez no interior do edifício o receptor GPS tipicamente falhará, devido à perda de linha de visão com os satélites de GPS.

Portanto, tanto o *war-driving* como o *war-walking* sofrem de limitações na precisão da estimativa de localização de WAPs e em alguns casos não permite que uma localização absoluta seja determinada, devido à falha do GPS ou sistema de posicionamento semelhante.

Síntese da invenção

Um primeiro aspecto da invenção fornece um método de estimativa da localização de uma pluralidade de fontes de sinal eletromagnético (tais como pontos de acesso sem fio), que compreende: escanear ou varrer (por exemplo, com um computador de mão ou computador portátil (*hand-held*) ou outro escâner de mão, tal como um telefone móvel ou *laptop*) em uma primeira pluralidade de locais para gerar os dados de posição de fonte de sinal, os dados de posição de fonte de sinal representam as estimativas da posição de uma ou mais de ditas fontes de sinal; escanear em uma segunda pluralidade de locais (que é diferente da primeira pluralidade de locais), usando um sistema de detecção de sinal (tal como um transceptor de *Wi-Fi*) para gerar os dados de detecção de sinal, os dados da detecção de sinal relativos aos sinais recebidos na segunda pluralidade de locais a partir das fontes de sinal (e incluindo, por exemplo, os dados referentes à intensidade do sinal recebido e aos identificadores da estação de base *WAP*); processar os dados de posição de fonte de sinal em relação aos dados de detecção de sinal para corrigir os erros de estimativa dos dados de posição de fonte de sinal; e fornecer (por exemplo, para armazenamento em uma base de dados) os dados de posição de fonte de sinal processados. Em uma forma de realização, os dados de posição de fonte de sinal representam as estimativas da posição de cada (todas) fonte de sinal.

Os dados de posição de fonte de sinal incluem, por exemplo, as coordenadas 2D ou 3D dos pontos de acesso sem fio (WAPs) e seus identificadores ou outras fontes de sinal eletromagnético e seus identificadores, e podem incluir ainda as informações tais como a intensidade do sinal, as estimativas de precisão da posição e assim por diante. O método pode ser realizado em qualquer localização ou

dispositivo apropriado, por exemplo, em um computador de mão ou outro dispositivo portátil que possa realizar a operação de escaneamento, e/ou em um sistema servidor remoto. Em particular, as etapas de processamento podem, mas não precisam, ser realizadas pelo mesmo processador, computador, micro-controlador ou outro dispositivo, e as etapas de processamento individuais podem ser sub-divididas e distribuídas em diferentes processadores, conforme necessário.

Escaneando uma segunda vez a um segundo conjunto de locais (por exemplo, em estreita proximidade com as estações de base WAP em áreas que não são acessíveis pelo *war-driving*) usando um sistema de detecção de sinal, tal como uma interface Wi-Fi, a estimativa da localização das fontes de sinal podem ser corrigida sem a necessidade de uma funcionalidade de tipo GPS a ser fornecida no segundo conjunto de locais. A correção, em cada caso, pode não melhorar a estimativa da posição de uma fonte de sinal específica, mas a estimativa das fontes de sinal como um todo é em geral melhorada. Evidentemente, pode haver ambientes e configurações específicas de fontes de sinal e locais de escaneamento que podem desafiar esta tendência (por exemplo, devido ao escaneamento em zonas de difícil captação (*blackspots*), os efeitos de propagação extrema, tais como efeitos de múltiplos caminhos, e semelhantes).

De preferência, os dados de detecção de sinal incluem ao menos um dentre a intensidade do sinal, endereços de MAC (para dispositivos de rede, se apropriado) ou outro identificador associado com uma fonte de sinal, a qualidade do sinal, e assim por diante. De preferência, o processamento dos dados de posição de fonte de sinal compreende aplicar os dados de detecção de sinal em ao menos um dentre os algoritmos de tempo de chegada (TOA), diferença de tempo de chegada (TDOA), ângulo de chegada (AOA), e intensidade de sinal recebido (RSS).

O processamento dos dados de posição de fonte de sinal, de preferência, compreende ainda o uso dos dados de detecção de sinal para estimar a posição da segunda pluralidade de locais. A estimação da posição da segunda pluralidade de locais (ou seja, os locais onde o segundo conjunto de escaneamentos foram realizados) pode, por exemplo, ser apresentada para uma pessoa que opere o dispositivo de escaneamento para permitir que seja realizada uma verificação visual ou outras (e os locais de escaneamento estimados podem, por exemplo, ter uma referência cruzada em relação a outros dados, por exemplo, para verificar se a localização estimada não está dentro de uma parede ou em outro local inacessível e claramente incorreta).

O método pode ainda compreender a recepção de dados das informações de localização que representem as informações sobre a segunda pluralidade de locais, e o processamento dos dados de posição de fonte de sinal pode compreender ainda o uso dos dados das informações de localização para estimar a

5 posição da segunda pluralidade de locais. Por exemplo, os dados das informações de localização podem compreender uma estimativa do usuário a respeito da posição de ao menos uma de dita segunda pluralidade de locais. Os dados das informações de localização podem compreender uma estimativa do usuário a respeito da posição de ao menos uma das fontes de sinal eletromagnético. De preferência, o método compreende ainda a introdução dos dados das informações de localização através de um dispositivo de entrada do usuário, tal como uma unidade portátil. O método pode compreender a recepção dos dados a partir de um usuário os quais permitam ou melhorem a estimação da segunda pluralidade de locais. O método pode compreender a recepção dos dados a partir de um ou mais sensores adicionais que medem um parâmetro relativo ao movimento, direção ou altitude, por exemplo, um ou mais dentre um magnetômetro, um acelerômetro, um barômetro. Tais dados recebidos podem ser levados em conta durante a estimação da posição da segunda pluralidade de locais.

10 Os dados das informações de localização podem melhorar a estimativa de ao menos um da segunda pluralidade de posições. Em um exemplo, o usuário pode inserir uma correção em uma leitura aproximada do GPS (se disponível) ou sistema de posicionamento, se parecer que a leitura está incorreta. O usuário também pode (ou, alternativamente) inserir os dados de referência adicionais, tais como a altitude, o que pode, por exemplo, superar a imprecisão relativa das leituras de altitude no GPS e sistemas semelhantes. A altitude pode ser mais facilmente introduzida na forma do número de andares de um edifício no qual o usuário se encontre; por exemplo, o número de andares pode ser convertido em uma altitude relativamente aproximada multiplicando uma altura média/universal do andar (tal como 5 metros, 10 metros ou em algum valor intermediário) pelo número de andares e acrescentando um dado de altitude para o local, 15 ou usando as informações mais detalhadas sobre o prédio em questão, ou a localização para obter um resultado mais preciso.

20 O processamento dos dados de posição de fonte de sinal pode adicionalmente ou alternativamente compreender ainda o processamento dos dados de detecção de sinal de acordo com um modelo ambiental que represente os fatores ambientais aplicáveis às fontes de sinal. Isto pode permitir que diversos fatores ambientais (tais como a densidade da população de um edifício, presença ou ausência 25 de diversas características estruturais, a espessura das paredes, refletividade das superfícies, e assim por diante) sejam levados em conta para melhorar a precisão da estimativa. Neste caso, o método, de preferência, compreende ainda a recepção de ao menos um dos dados de seleção de modelo ambiental que representem uma escolha do modelo ambiental e os dados dos parâmetros do modelo ambiental que representem uma escolha de ao menos um parâmetro do modelo ambiental, e processar os dados de detecção de sinal de acordo com o dito, ao menos, um dos dados de seleção do modelo 30 35

ambiental e os dados de parâmetros do modelo ambiental.

O método pode compreender ainda a introdução de dito ao menos um dos dados de seleção do modelo ambiental e dos dados de parâmetros do modelo ambiental através de um dispositivo de entrada do usuário. Alternativamente, os dados de seleção ou dados de parâmetros podem ser inseridos de outra forma, por exemplo, após o levantamento ter sido realizado, por um inspetor ou operador de sistema com conhecimento, experiência ou treinamento apropriado. Em outra forma de realização o modelo ou os parâmetros do modelo podem ser (a um grau adequado) derivados automaticamente (por exemplo, através de dispositivos de sensoriamento ou através de referência cruzada da localização de escaneamento estimada para os dados geográficos relacionados).

Podem ser aplicados modelos ambientais diferentes na dependência de certos fatores mensuráveis. Por exemplo, um modelo ambiental diferente pode ser aplicado na dependência do local de escaneamento ser interno ou externo (tal como, por exemplo, o modelo *Stanford University Interim (SUI)*).

Essencialmente, quaisquer dados apropriados usados nas etapas de processamento aqui descritas podem, em um grau apropriado, ser introduzidos por um usuário, quer no local de escaneamento (por exemplo, usando um dispositivo portátil) ou remotamente (tanto coincidente com o processo de escaneamento como em horário/data posterior).

Em adição, o processamento dos dados de posição de fonte de sinal, de preferência, compreende ainda gerar novos dados de posição de fonte de sinal que representem as novas estimativas das fontes de sinal em relação aos dados de detecção de sinal. Os dados adicionais de fonte de sinal (por exemplo, uma lista de coordenadas estimadas atualizada das estações de base WAP) podem, por exemplo, ser representados em um gráfico para permitir uma comparação visual das estimativas anteriores e atuais das localizações das fontes de sinal. Como antes, os novos dados de estimativa podem ser cruzados, por exemplo, para verificar se os novos locais estimados são plausíveis.

De preferência, o método compreende ainda o processamento dos dados de posição de fonte de sinal e dos dados adicionais de posição de fonte de sinal para determinar um ajuste apropriado nos dados de posição de fonte de sinal. Qualquer processo adequado pode ser usado para determinar o ajuste adequado, incluindo, por exemplo, os métodos de estimativa dos mínimos quadrados.

O método pode também compreender ainda o processamento dos dados de detecção de sinal para estimar a localização de fontes de sinal adicionais que não foram detectadas na primeira pluralidade de locais, e adicionar os dados adicionais de posição de fonte de sinal nos dados de posição de fonte de sinal.

Assim, a segunda etapa de escaneamento (no segundo conjunto de locais) pode, por exemplo, descobrir as fontes de sinal (tal como as estações de base WAP) que não foram encontradas na primeira etapa de escaneamento (no primeiro conjunto de locais).

O escaneamento na primeira pluralidade de locais, de preferência, compreende: o escaneamento na primeira pluralidade de locais para gerar os dados de detecção de sinal iniciais, os dados de sinais de detecção iniciais relativos aos sinais recebidos na primeira pluralidade de locais das fontes de sinal; o processamento dos dados de detecção de sinal iniciais em relação aos dados de posição do primeiro escaneamento, os dados de posição do primeiro escaneamento representando a posição de cada um da primeira pluralidade de locais, a fim de gerar os dados de estimativa da posição. Em conformidade, as fontes de sinal podem ser usadas em ambas as etapas para facilitar a estimativa de posição das fontes.

O escaneamento na primeira pluralidade de locais pode compreender o uso do (supracitado) sistema de detecção de sinal para gerar os dados de detecção de sinal iniciais. Alternativamente, um sistema de detecção de sinal diferente pode ser usado, conforme apropriado. Por exemplo, um equipamento mais sofisticado instalado no veículo pode ser usado na primeira etapa de escaneamento, e um equipamento menos sofisticado, mas mais móvel, pode ser usado na segunda etapa de escaneamento.

O método pode compreender ainda o uso de um sistema de posicionamento (que pode ser um sistema de posicionamento absoluto, por exemplo, um sistema de navegação global por satélite, como o GPS ou AGPS, GLONASS, Beidou-2 ou Galileo) em cada uma da primeira pluralidade de locais para gerar os dados de posição do primeiro escaneamento. O posicionamento pode, por exemplo, incluir os dispositivos GPS/AGPS, a triangulação baseada em torre de celular, sensores inerciais, GIS, ou um sistema híbrido que combine dois ou mais de ditos subsistemas. Alternativamente, podem ser usados métodos manuais, por exemplo, pelo uso da entrada de dados através de um operador do equipamento de escaneamento. Os mapas impressos convencionais podem ser usados, por exemplo, para estabelecer a posição de cada local. Outros processos para determinar a localização são evidentemente possíveis, conforme apropriado. Uma interface de usuário pode ser fornecida para permitir que um usuário insira os dados para habilitar ou melhorar o desempenho de um sistema de posicionamento, tais como os dados de assistência de GPS (posição estimada, tempo, efemérides, etc.) para o GPS. O método pode compreender a recepção dos dados a partir de um ou mais sensores adicionais que medem um parâmetro relativo à direção, movimento ou altitude, por exemplo, um ou mais dentre um magnetômetro, um acelerômetro, um barômetro.

O sistema de posicionamento pode em geral ser mais

efetivo na primeira pluralidade de locais do que na segunda pluralidade de locais. O sistema de posicionamento pode, além disso, não ser operacional em ao menos um da segunda pluralidade de locais (ou mesmo pode não ser operacional em mais de 25%, 50%, 75%, 80%, 90% ou 95% da segunda pluralidade de locais). Por exemplo, a 5 segunda pluralidade de locais pode ser parcialmente (por exemplo, mais de 25%, 50%, 75%, 80%, 90% ou 95%) ou totalmente coberta, impedindo a operação efetiva do GPS e outros sistemas de posicionamento absoluto/global.

Inversamente, o sistema de detecção de sinal pode ser em 10 geral mais efetivo na segunda pluralidade de locais do que na primeira pluralidade de locais. O sistema de detecção de sinal pode, por exemplo, trabalhar apenas (ou trabalhar de forma mais efetiva) em relativa proximidade das fontes de sinal ou na ausência de materiais atenuantes entre o sistema de detecção e a fonte de sinal, por exemplo, parcialmente (por exemplo, em mais de 25%, 50 %, 75%, 80%, 90% ou 95%) ou 15 totalmente internos ou obstruídos por paredes. Pode ser que a primeira pluralidade de locais, por exemplo, restrinja por exigências tais como a permissão de passagem de um veículo, possa em geral ser demasiado distante das (maioria delas) fontes de sinal para permitir a detecção efetiva.

O método pode ainda compreender o escaneamento pelo 20 uso de um sistema de detecção de sinal em uma pluralidade de locais adicional para gerar os dados de detecção de sinal adicionais, e o processamento adicional dos dados de posição de fonte de sinal em relação aos dados de detecção de sinal adicionais. Assim, a segunda etapa de escaneamento pode ser repetida uma, duas, três ou mesmo 25 mais vezes, a fim de melhor refinar a precisão da estimativa posicional.

Em uma forma de realização adicional um segundo (ou 30 adicional) sistema de detecção de sinal pode ser usado na primeira ou segunda (ou mais) pluralidade de locais de escaneamento, para complementar o (primeiro) sistema de detecção de sinal e ainda para melhorar a precisão das estimativas de localização. As primeira, segunda e (opcionalmente) etapas adicionais de escaneamento não precisam ser realizadas substancialmente ao mesmo tempo (no mesmo dia, ou na mesma semana, e assim por diante).

O método pode compreender ainda o processamento dos 35 dados de posição de fonte de sinal para gerar os dados do mapa que representam um mapa das fontes de sinal. O termo "mapa", de preferência, conota um conjunto de dados incluindo os dados que codificam e/ou, ao menos, identificam uma localização geográfica ou outra localização. O mapa pode ser, por exemplo, um conjunto de registros onde cada registro fornece as coordenadas 2D ou 3D de uma fonte de sinal e pode também incluir os dados adicionais sobre a fonte de sinal, tal como um nome ou identificador atribuído. O mapa pode ser incorporado em um sinal ou meio passível de ser lido por um

computador ou pode, por exemplo, ser uma representação física das fontes de sinal de uma forma legível por pessoas (sobreposto, por exemplo, sobre um plano geográfico convencional). O mapa pode ser codificado em qualquer formato adequado, tal como, por exemplo, o padrão de arquivo GIS.

5 A fonte de sinal pode ser um ponto de acesso sem fio, tal como uma estação de base em uma rede de comunicações sem fio. A fonte de sinal pode ser uma estação de base Wi-Fi ou Wi-Max, GSM ou outra torre de comunicações de celular, um transmissor ou sinalizador de rádio, ou qualquer outra fonte de sinal eletromagnético apropriada. A fonte de sinal pode, por exemplo, facilitar a comunicação 10 unidirecional (tal como um transmissor simples) ou bidirecional (um nó de rede).

Ao menos um dentre os dados de detecção de sinal, os dados de posição de fonte de sinal e os dados de posição de fonte de sinal processados pode ser transmitido através do ponto de acesso sem fio. Isto pode facilitar a distribuição 15 do processamento dos dados entre, por exemplo, um dispositivo de mão com o poder computacional e de armazenamento limitado e um servidor e base de dados remoto. Alternativamente, toda a funcionalidade de processamento e escaneamento pode ser realizada usando o mesmo dispositivo.

Ao menos uma parte do escaneamento é tipicamente realizada usando um dispositivo manual portátil. Por exemplo, a segunda etapa de escaneamento (na segunda pluralidade de locais) e, opcionalmente, também a primeira etapa de escaneamento (na primeira pluralidade de locais) pode ser realizada usando um dispositivo portátil adequadamente equipado tal como um telefone móvel adequadamente configurado, dispositivo de mão ou laptop customizado para a aplicação específica.

Adicionalmente ou alternativamente, ao menos parte do processo de escaneamento pode ser realizada usando um dispositivo portátil montado em veículo. Por exemplo, ao menos a primeira etapa de escaneamento pode ser realizada usando um dispositivo instalado no veículo que poderia melhorar a potência e seletividade (por exemplo, usando uma antena direcional) em comparação com um dispositivo de mão.

O método pode compreender ainda: armazenar os dados de posição de fonte de sinal processados; receber um pedido de localização de usuário de um dispositivo de usuário (tal como um telefone móvel ou outro dispositivo portátil), o pedido de localização de usuário, incluindo os dados obtidos a partir de um sistema de detecção de sinal (tal como um receptor Wi-Fi) associado com o dispositivo de usuário; processar os dados de posição de fonte de sinal armazenados em relação aos dados do pedido de localização do usuário para gerar os dados de localização do usuário que representam uma estimativa da localização do dispositivo de usuário; e fornecer os dados de localização do usuário.

Conseqüentemente, o método mencionado acima pode ser integrado em um serviço de localização do usuário. O método de localização do usuário pode usar sistemas adicionais no dispositivo do usuário ou um servidor remoto (ou em outro local, por exemplo, através da Internet) para ajudar a estimar a localização do dispositivo do usuário. Por exemplo, pode ser usado um receptor GPS embutido no dispositivo do usuário.

O método pode compreender a identificação de um ou mais locais onde um serviço de localização do usuário não pode ser fornecido ou onde a precisão de um serviço de localização do usuário cai abaixo de um limiar, e a localização de uma ou mais fontes adicionais de sinal eletromagnético de modo a fornecer ou melhorar a precisão do serviço de localização do usuário em um dito local identificado. A nova fonte de sinal é então escaneada em um segundo conjunto de locais adicionais.

Em qualquer um dos métodos como mencionados acima, o escaneamento pode ser realizado por um usuário que se desloque entre uma pluralidade de locais (como entre a primeira pluralidade de locais, e/ou entre a segunda pluralidade de locais), por exemplo, a pé, com um veículo ou outro modo. O usuário pode interagir com qualquer tipo de *hardware* para facilitar qualquer uma das etapas do método mencionado acima (ou abaixo).

Em outro aspecto da invenção é fornecido um método de estimativa da localização de uma pluralidade de fontes de sinal eletromagnético, compreendendo: inserir os dados de posição de fonte de sinal, os dados de posição de fonte de sinal representam as estimativas da posição de uma ou mais de ditas fontes de sinais obtidas através do escaneamento em uma primeira pluralidade de locais; inserir os dados de detecção de sinal, os dados de detecção de sinal relacionados aos sinais recebidos em uma segunda pluralidade de locais a partir das fontes de sinal; processar os dados de posição de fonte de sinal em relação aos dados de detecção de sinal para corrigir os erros de estimativa nos dados de posição de fonte de sinal; e fornecer os dados de posição de fonte de sinal processados. Este método pode encontrar aplicação particular, por exemplo, em relação ao código de computador para um servidor que seja operacional para se comunicar através de uma rede ou outras conexões de comunicação com um dispositivo de usuário em um local de escaneamento.

Em um aspecto adicional da invenção é fornecida uma unidade portátil programada com o código de programa de computador para fazer com que a unidade portátil execute um método como o mencionado acima.

Em um aspecto ainda adicional da invenção é fornecido um servidor programado com o código de programa de computador para fazer com que uma unidade portátil execute um método conforme mencionado acima.

Apesar das formas de realização da invenção descritas acima com referência aos desenhos compreenderem os métodos realizados por dispositivo computacional, e também a um dispositivo computacional, a invenção também se estender a instruções de programa, particularmente, instruções de programas sobre ou em um meio, adaptado para realizar os processos da invenção ou fazer com que um computador os execute conforme o dispositivo computacional da presente invenção. Os programas podem ser na forma de código de fonte, o código objeto, uma fonte intermediária de código, tal como na forma parcialmente compilada, ou qualquer outra forma adequada para o uso na aplicação dos processos de acordo com a invenção. O meio pode ser qualquer entidade ou dispositivo capaz de executar as instruções do programa.

Por exemplo, o meio pode compreender um meio de armazenamento, tal como uma ROM, por exemplo, um CD-ROM ou uma ROM semicondutora, ou um meio de gravação magnética, por exemplo, um disco flexível, disco rígido, ou memória flash, memória óptica, e assim por diante. Em adição, o meio pode ser uma portadora transmissível, tal como um sinal elétrico ou óptico, que pode ser transmitido através de um cabo elétrico ou óptico, ou por meio de rádio ou outros meios. Quando um programa é embutido em um sinal que pode ser transmitido diretamente por cabo, o meio pode ser constituído pelo dito cabo ou outro dispositivo ou meio.

Apesar dos diversos aspectos e formas de realização da presente invenção terem sido descritas acima de forma separada, qualquer dos aspectos e características da presente invenção pode ser usado em conjunto com qualquer outro aspecto, forma de realização, ou característica, onde for apropriado. Por exemplo, as características do dispositivo podem, onde apropriado, serem trocadas pelas características do método.

Descrição dos desenhos

Uma forma de realização de exemplo da presente invenção será agora ilustrada com referência às figuras a seguir, nas quais:

- a figura 1 é uma ilustração em vista geral de um sistema de localização de um dispositivo de usuário usando fontes de sinal Wi-Fi de ponto de acesso sem fio (WAP);
- a figura 2 é um fluxograma ilustrando um processo para localizar a posição dos pontos de acesso sem fio (WAPs) para uso no sistema da figura 1;
- a figura 3 é uma ilustração da primeira etapa de escaneamento de um conjunto de pontos de acesso sem fio (WAPs) em um edifício de acordo com o processo da figura 2;
- a figura 4 é uma ilustração das posições estimadas dos WAPs da figura 3 após a primeira etapa de escaneamento no processo da figura 2;
- a figura 5 é uma ilustração da segunda etapa de escaneamento do conjunto de pontos de acesso sem fio (WAPs) na construção da figura 3;

- a figura 6 é uma ilustração das posições estimadas do escâner durante a segunda etapa de escaneamento mostrada na figura 5;
- a figura 7 é uma ilustração das posições estimadas dos WAPs da figura 3 após a segunda etapa da escaneamento no processo da figura 5;
- 5 – a figura 8 é uma ilustração do processo de triangulação da posição de um ponto de acesso sem fio (WAP);
- a figura 9 é uma ilustração esquemática de um sistema de escâner dedicado adequado para uso ao menos na primeira etapa do processo da figura 2;
- a figura 10 é uma ilustração esquemática de uma unidade portátil adequada para uso 10 com as primeira e segunda etapas do processo da figura 2; e
- a figura 11 é uma vista geral de um sistema para localizar um dispositivo de usuário usando os dados gerados pelo processo da figura 2.

Descrição detalhada de uma forma de realização de exemplo

Será descrito um método e sistema para a localização de 15 fontes de sinal eletromagnético, com uma aplicação particular (mas não exclusiva) em um sistema para localizar um dispositivo de usuário através da referência cruzada dos sinais recebidos no dispositivo de usuário com os dados previamente recolhidos usando o método e sistema mencionados acima. Assim, a localização das fontes de sinal eletromagnético estacionárias é estimada. Os erros nas estimativas de localização das 20 fontes de sinal eletromagnético estacionárias são corrigidos. As localizações resultantes das fontes de sinal eletromagnético estacionárias são posteriormente usadas como pontos de referência para a localização de um (tipicamente móvel) dispositivo de usuário.

Em uma forma de realização particular, é descrito um 25 método em relação a determinação de forma dinâmica da localização (como as coordenadas da posição) de pontos de acesso sem fio (WAPs) ou sinalizadores sem fio em sistemas de posicionamento baseados em tecnologia sem fio. De forma predominante, o padrão sem fio descrito neste documento é o Wi-Fi e o sistema de posicionamento é um sistema baseado em Wi-Fi, mas este método pode ser igualmente aplicado a outros padrões relacionados, tais como Bluetooth, rádio-freqüência (RF) e 30 outros sistemas. Em adição, este método também pode ser aplicado na determinação da localização de estações de base em outras tecnologias de comunicação, tais como as comunicações móveis (tais como, por exemplo, a GSM e a CDMA), Wi-Max e assim por diante.

Em um sistema de posicionamento baseado em Wi-Fi, as 35 coordenadas/localização dos WAPs são usadas em conjunto com outros algoritmos de processamento de sinal para estimar a localização dos usuários em redes locais sem fio (WLAN). Aqui, os usuários podem ser móveis ou estacionários dentro da WLAN e ter qualquer dispositivo com capacidade Wi-Fi interna ou externa. Este dispositivo também

5 pode ter a capacidade para se conectar à Internet para a troca de parâmetros com o servidor central, por exemplo, parâmetros do sistema Wi-Fi, tais como os endereços de MAC, intensidade de sinal, as suas coordenadas, etc. Um exemplo é um usuário com um telefone móvel usando Wi-Fi interno para se conectar com a Internet. Portanto, neste método de posicionamento a precisão da localização de um usuário se baseia fortemente na precisão da posição conhecida dos WAPs nas respectivas WLANs.

10 Os *war-driving* e *war-walking*, descritos acima, são algumas técnicas para a determinação e/ou o mapeamento da posição de um WAP.

15 10 A figura 1 é uma ilustração em vista geral de um sistema de exemplo para a localização de um dispositivo de usuário usando fontes de sinal Wi-Fi de ponto de acesso sem fio (WAP). Um dispositivo de usuário 102 é operado por um usuário (não mostrado) e contém um adaptador Wi-Fi (também não mostrado). Um número de 20 pontos de acesso sem fio (WAPs) 104, 106, 108, 110, 112 estão localizados na proximidade imediata do usuário dentro de duas construções 114, 116. Devido à atenuação do sinal, os limites de potência de transmissão e outros fatores, apenas os WAPs 104, 106, 110, 112 podem ser detectados pelo adaptador Wi-Fi no dispositivo de usuário 102. O WAP 108 não é detectado pelo dispositivo de usuário 102. Uma torre de GSM 118 (telefone celular) e outras também podem estar presentes, e as propriedades destas e de outras fontes de sinal eletromagnético também podem ser medidas e usadas no sistema de busca de localização.

25 O dispositivo de usuário 102 pode medir certas características dos sinais, tanto em termos de qualidades de sinal tal como a intensidade do sinal, o ângulo de incidência, e assim por diante, como em termos de dados transportados pelo sinal, tais como o endereço de MAC ou outro identificador associado com a transmissão do WAP.

30 30 O sistema processa as diversas das características do sinal e compara as características com os dados em uma base de dados. Conforme descrito de forma mais detalhada abaixo, o sistema de localização pode usar os dados armazenados relativos a alguns ou à totalidade dos WAPs relevantes 104, 106, 110, 112 para triangular (ou de outra forma determinar) a posição do dispositivo de usuário 102 e, consequentemente, também do usuário.

35 35 Um método e sistema serão descritos agora, nos quais as desvantagens de ambos os métodos *war-driving* e *war-walking* podem ser substancialmente superadas, usando um processo de múltiplas etapas e usando técnicas recursivas dinâmicas e auto corrigíveis para determinar as coordenadas de localização de WAPs com precisão no interior de edifícios e em ambientes difíceis (por exemplo, com muitos obstáculos). A procura e determinação das coordenadas de localização dos WAPs serão referidas como "escaneamento" e "mapeamento" respectivamente daqui em diante.

A figura 2 é um fluxograma ilustrando um processo para localizar a posição dos pontos de acesso sem fio (WAPs) para uso no sistema da figura 1.

Na etapa S200, em uma primeira etapa do processo, as fontes de sinal (sinais provenientes dos WAPs) são escaneadas em um primeiro conjunto de locais. Podem ser usados diversos processos de verificação, por exemplo, usando um dispositivo de mão, como um telefone móvel, *smartphone* ou outro, e tanto dentro como fora de uma construção (na presente forma de realização). Em uma forma de realização alternativa o primeiro conjunto de locais é formado a partir da trajetória de um veículo que realiza um procedimento de *war-driving*. Conforme descrito acima e abaixo (por exemplo, em relação à figura 7), os dados recolhidos durante o processo de escaneamento são usados para gerar as estimativas das posições das fontes de sinal (WAPs). Estas posições estimadas são então armazenadas (na etapa S202). Na primeira etapa de escaneamento as posições dos WAPs são em geral (mas não necessariamente) estimadas através da combinação da saída de um sistema de posicionamento global ou absoluto, tal como o GPS ou AGPS, com o resultado de um sistema de posicionamento relativo, tal como a triangulação usando as intensidades de sinal WAP (novamente descrito abaixo em mais detalhes). Em outra forma de realização, o primeiro conjunto de posições estimadas pode, por exemplo, ser simplesmente extraído de um mapa ou planta do edifício ou área em que o escaneamento ocorra e introduzido diretamente pelo usuário usando a interface de usuário do dispositivo no software de processamento. O termo "escaneamento" pode em tal caso ser interpretado de forma bastante ampla.

Na etapa S204, em uma segunda etapa do processo, as fontes de sinal (os sinais WAP) são escaneadas novamente em um segundo conjunto de locais. Em uma forma de realização preferida, o segundo conjunto de locais é a trajetória de um escaneamento operacional em geral dentro ou entre edifícios que foram escaneados à distância por *war-driving* na etapa 1. Em outras formas de realização o escaneamento é automatizado e pode ser realizado através da mesma configuração de *war-driving* ou em uma configuração diferente. Os locais de escaneamento podem ser escolhidos através de uma operação de escaneamento "no terreno", ou determinada em tempo real, ou antes, como resultado de uma análise dos resultados coletados na etapa 1 (por exemplo, com referência aos dados geográficos e/ou comerciais relativos ao ambiente de escaneamento e os edifícios e outras estruturas contidas nele. Os resultados do escaneamento são registrados na etapa S206.

Conforme descrito em mais detalhe abaixo, o usuário também pode registrar a sua própria estimativa da posição do segundo conjunto de locais ou pode introduzir uma correção (quando apropriado) para uma estimativa automaticamente derivada (por exemplo, por GPS) das posições, e pode também

introduzir uma seleção de modelo ambiental a ser aplicado e/ou parâmetros para uso com tal modelo (como será discutido em mais detalhe abaixo). Um usuário pode também introduzir os dados para habilitar ou melhorar o desempenho de um sistema de posicionamento de referência, tal como os dados de assistência de GPS (posição estimada, tempo, efemérides, etc.) para o GPS. O usuário pode introduzir a posição de alguns ou de todos do segundo conjunto de locais a partir de um mapa. A capacidade de introduzir a posição de alguns ou de todos do segundo conjunto de locais pode ser especialmente útil na medida em que pode corrigir os erros que surgiram dos erros no local estimado da primeira pluralidade de locais.

Na etapa S208 o primeiro conjunto de locais estimados WAP (ou locais de outras fontes de sinal, tais como torres de telefone móvel e assim por diante) é processado e corrigido usando os resultados da segunda etapa do processo de escaneamento. Este processo é descrito abaixo em mais detalhes. As estimativas corrigidas são, então, fornecidas na etapa S210.

Na primeira forma de realização, o usuário ou um grupo de usuários que executam o processo de mapeamento têm dispositivos compactos de usuário (como telefones celulares inteligentes, laptops e assim por diante) ou dispositivos eletrônicos sofisticados (tais como um dispositivo de computação customizado, amplificadores, antenas, etc.) com capacidade de Wi-Fi, e, de preferência, outras capacidades do sistema de posicionamento tais como GPS/AGPS, posicionamento baseado em torre de celular, e assim por diante. Esses dispositivos podem apresentar sensores adicionais que poderiam auxiliar no posicionamento, por exemplo, um acelerômetro, magnetômetro, etc. Esses dispositivos também podem apresentar outra capacidade que não o Wi-Fi para se conectar à Internet, tal como através de gateways de provedores de serviços de internet móvel.

Os usuários podem, por exemplo, ser equipados com o software proprietário Satsis executando em um dispositivo móvel de usuário, com ou sem sistema operacional e apresentando um micro-controlador, capacidades de *hardware* de Wi-Fi e GPS/AGPS. Essencialmente, todos os processos de escaneamento e mapeamento aqui descritos, incluindo as múltiplas etapas de escaneamento, podem ser realizados através do uso de softwares tal como este, usando, quando necessário, o *hardware* descrito anteriormente. O software escolhido pode também ser capaz de usar a entrada de usuário para registrar, quando necessário, as informações a respeito de área/locais onde o escaneamento/mapeamento estiver sendo feito, tal como as coordenadas de posição, tipos de edifícios, informações sobre a altitude, tais como o escaneamento de andares, etc., tipos de local urbano ou rural e assim por diante.

A figura 3 é uma ilustração da primeira etapa de escaneamento de um conjunto de pontos de acesso sem fio (WAPs) em um edifício de

acordo com o processo da figura 2.

Na figura 3, um edifício 300 contém seis WAPs 302, 304, 306, 308, 310, 312. São escolhidos nove locais de escaneamento 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336 em torno do perímetro do edifício, apesar de que na prática isto pode ser em menos do que de todos os lados, e pode, por exemplo, ser apenas ao longo de um ou dois lados do edifício (dependendo, por exemplo, da acessibilidade). Será apreciado que mais ou menos WAPs podem ser encontrados e mais e menos escaneamentos (e correspondentes localizações de escaneamento) podem ser usados, dependendo, por exemplo, do tamanho do edifício e da complexidade do ambiente.

Os WAPs (mostrados em círculos) são colocados em um edifício típico em locais diferentes. Na presente forma de realização, um usuário descrito anteriormente com um dispositivo de usuário, tal como telefone inteligente com Wi-Fi e capacidade de GPS/AGPS pode escanear este edifício a partir de diferentes locais externos (mostrado em uma caixa retangular) ao redor de todo o edifício. Em cada local, o usuário registra os parâmetros do escaneamento de Wi-Fi, tal como a intensidade do sinal, os endereços de MAC dos WAPs visíveis, a qualidade do sinal, etc., e a posição do usuário em si através de GPS/AGPS. O usuário também pode registrar outros dados ambientais específicos úteis a partir de observação e/ou conhecimento prévio, tal como altitude e tipo de edifício, os números e tipos de obstruções de sinais físicos próximo do local de escaneamento, etc. O usuário também pode registrar os dados de sensores adicionais, se disponíveis, no dispositivo, para auxiliar no posicionamento. Por exemplo, eles podem registrar os dados de direção recebidos de um magnetômetro, informações de altitude a partir de um barômetro, etc.

Como afirmado anteriormente, qualquer outra sistema de posicionamento ou métodos excluindo o GPS e suas variantes também podem ser usados para localizar a posição do usuário, tais como a triangulação baseada em torre de celular, sensores iniciais, inserções de posição do usuário, GIS, etc., ou qualquer outro sistema híbrido combinando estas tecnologias.

Como pode ser visto a partir da figura 3, muitos WAPs podem ser escaneados a partir de mais do que um local a partir do lado de fora. Por exemplo, os WAPs 302, 304 são escaneados a partir de três locais, os WAPs 310, 312 são escaneados a partir de dois locais, e o WAP 308 é escaneado a partir de um único local. O WAP 306 não é escaneado a partir de qualquer local devido à sua localização central no edifício e falta de visibilidade dos sinais provenientes dos locais de escaneamento externos.

Os registros do processo de escaneamento são processados juntos por um software instalado no dispositivo, usando algoritmos de processamento de diversos sinais para determinar as distâncias entre a localização do

usuário em diferentes locais e os pontos de acesso sem fio visíveis e, posteriormente, criar um mapa desses WAPs.

Existe uma série de algoritmos de medição de distâncias para permitir o posicionamento usando uma rede Wi-Fi ou outro sistema semelhante. Os algoritmos incluem, por exemplo, o tempo de chegada (TOA), a diferença do tempo de chegada (TDOA), o ângulo de chegada (AOA), a intensidade do sinal recebido (RSS), e assim por diante. Dependendo das capacidades técnicas do software, dispositivos móveis e WAPs, normalmente é empregado o algoritmo de medição de distância baseado em RSS, mas os outros algoritmos também podem ser usados, conforme 5 apropriado.

No algoritmo RSS, a intensidade (potência) de um sinal Wi-Fi no receptor (usuário) é medida em comparação com a intensidade transmitida de um sinal a partir da fonte de rádio (WAP) e é dada pela seguinte equação matemática no espaço livre:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \quad (1)$$

na qual P_r é a potência recebida, P_t é a potência transmitida, G_r e G_t são os ganhos da antena receptora e transmissora, respectivamente, λ é um comprimento de onda do sinal 20 e d é a distância entre a fonte e o receptor. Esta equação pode também ser representada em termos de ganho de propagação (PG) como:

$$PG = \frac{P_r}{P_t G_t G_r} = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (2)$$

e na forma de decibéis como:

$$PG_{dB} = 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^{25} \quad (3)$$

O modelo de espaço livre (equações) não pode ser facilmente aplicado sem modificações em ambientes do mundo real devido às incertezas 30 de propagação do sinal. A propagação do sinal de Wi-Fi pode ser afetada por muitos fatores, tais como atenuações e reflexões de sinal (efeitos de múltiplas trajetórias) a partir das superfícies, tipos de construções, movimento de pessoas e objetos, a freqüência de transmissão, altitude e polarização da antena, e assim por diante. No entanto, existem diversos modelos para tentar modelar os diferentes ambientes e o comportamento da propagação do sinal através deles para determinar a distância entre o receptor e a fonte. Por exemplo, existem modelos disponíveis para prever o comportamento do sinal para diferentes ambientes internos. Um dos modelos para interiores é descrito pela seguinte 35 equação:

$$PG_{dB} = 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi d_0}\right) + 10n \log(d_0) + X \quad \text{para } d > d_0 \quad (4)$$

na qual X , n e d_0 são parâmetros que podem variar em diferentes ambientes internos e que podem ser determinados de forma empírica. Por exemplo, os valores de X , N e d_0 para um ambiente de escritório típico particionado de forma rígida são 7.0, 3.0 e 100, respectivamente.

A entrada do usuário pode ser fornecida para selecionar os tipos de ambiente e, em seguida, usar os valores específicos dos parâmetros mencionados acima armazenados na memória (que foram, por exemplo, a entrada anterior pelo usuário ou outro operador). Alternativamente, se as entradas do usuário não estiverem disponíveis, valores padrão podem ser escolhidos a partir da configuração do software.

Há também modelos disponíveis para ambientes ao ar livre, por exemplo, um dito modelo, designado como Modelo *Stanford University Interim* (SUI), é descrito pela seguinte equação:

$$PL = 20 \log\left(\frac{4\pi d_0}{\lambda}\right) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_f + X_h + s \quad \text{para } d > d_0 \quad (5)$$

O termo PL é descrito como perda de percurso e os outros parâmetros podem ser processados de forma semelhante, tal como descrito em modelos para interiores, ou seja, (por exemplo) tanto através de entradas do usuário como a partir da configuração do software.

Uma vez que todas as distâncias são determinadas usando qualquer um dos modelos disponíveis, elas são processadas em conjunto com referência às coordenadas de localização dos locais onde o usuário tenha escaneado os WAPs visíveis mapeados um a um. Dependendo do número de medições (registros) para um WAP específico, diversos métodos são disponíveis para mapear estes WAPs. Um método, a triangulação, é descrito abaixo com referência à figura 8.

A figura 4 é uma ilustração das posições estimadas dos WAPs da figura 3 após a primeira etapa da escaneamento no processo da figura 2.

Na figura 4 a localização real dos WAPs 402, 404, 406, 408, 410, 412 é mostrada com um círculo sólido, e a localizações estimadas dos WAP são mostradas pelo círculo tracejado sobreposto 452, 454, 458, 460, 462 correspondendo aos WAPs 402, 404, 408, 410, 412, respectivamente. Não há estimativa para o WAP 456 porque o correspondente real do WAP 406 não foi encontrado na primeira etapa de escaneamento.

Novamente, pode ser visto que o WAP 406 não está mapeado devido à sua visibilidade de sinal em qualquer dos nove locais de escaneamento do lado de fora do edifício. A precisão dos WAPs mapeados depende de

5 muitos fatores, tais como a distância de escaneamento, a modelagem do ambiente, a exatidão da posição do usuário, o número de escaneamentos (medidas) a partir do lado de fora do edifício para um WAP, bem como a geometria de ditos locais em relação ao respectivo WAP, e assim por diante.

10 A figura 5 é uma ilustração da segunda etapa de escaneamento do conjunto de pontos de acesso sem fio (WAPs) no edifício da figura 3. No edifício 500 os seis WAPs 502, 504, 506, 508, 510, 512 são novamente indicados. São escolhidos cinco novos locais de escaneamento 520, 522, 524, 526, 528 dentro do edifício, intercalados (quando possível) entre os WAPs.

15 Como mencionado, na segunda etapa de mapeamento, os pontos de escaneamento são localizados no interior do edifício no qual um usuário faz o mapeamento, em geral sem disponibilidade de GPS/AGPS. Neste caso, as coordenadas do usuário nestes cinco lugares serão obtidas usando tecnologia de posicionamento Wi-Fi. O posicionamento Wi-Fi utilizará as coordenadas do mapeados (usando a primeira etapa de escaneamento como descrito acima) e outros WAPs disponíveis nos locais respectivos no interior do edifício. Por exemplo, um usuário no local 524 usará os WAPs 504, 508, 512 para localizar a si mesmo usando as coordenadas do WAPs mapeados na etapa 1 com outros algoritmos de processamento de sinais, tais como as medidas de distâncias usando as intensidades de sinal Wi-Fi, modelagem ambiental, como pelas 20 entradas de usuário e triangulação, e assim por diante, conforme descrito acima com referência à etapa 1.

25 Um usuário (ou outro operador, por exemplo, processando os dados de inspeção recebidos em uma localização central) tem a facilidade de inserir sua própria estimativa da posição do segundo conjunto de locais ou inserir uma correção (quando apropriado) para uma estimativa automaticamente derivada das posições (por exemplo, para corrigir uma leitura de GPS aparentemente incorreta ou imprecisa demais, se disponível e sendo usada). Um usuário pode também inserir os dados para habilitar ou melhorar o desempenho do sistema de posicionamento de referência, tais como os dados 30 de assistência de GPS (posição estimada, tempo, efemérides, etc.) para o GPS, se disponíveis e sendo usados. O usuário pode, em particular, registrar a altitude percebida ou outra medida (como o número de andares do edifício), permitindo ser estimada com mais precisão uma altitude ou outra dimensão. Se uma altitude de linha de base h_b estiver disponível para um local particular (por exemplo, usando os dados derivados a partir de mapas topográficos), uma estimativa de altitude h pode ser calculada como $H_B + H_s \times s$, onde h_s é a altura estimada por andar (por exemplo, com base em uma média global ou local ou usando o conhecimento específico sobre um edifício no local de escaneamento) e s é o número andares (0 sendo o piso térreo, 1 sendo o primeiro andar, e assim por diante, usando a terminologia do Reino Unido). Em uma forma de realização,

usando o posicionamento inercial (ou diferencial), por exemplo, um usuário pode, quando inserir apropriadamente os dados sobre os valores (ou absoluto), permitir a calibração do sistema de posicionamento inercial.

O usuário pode também, em particular, inserir uma seleção de modelo ambiental a ser aplicado e/ou os parâmetros para uso com tal modelo (ver abaixo, uma descrição de alguns modelos ambientais possíveis e seus parâmetros). A seleção do meio ambiente (e outros dados), por exemplo, pode ser feita usando menus *drop-down* ou outros dispositivos de entrada em uma interface de usuário (tal como um aplicativo interativo em execução em um dispositivo de mão portado por um usuário).

Na ausência de pontos suficientes para, por exemplo, permitir a triangulação ou uma estimativa de posicionamento fornecida pelo usuário, outros métodos possíveis tais como a média ponderada pode ser usada (incluindo, se necessário, a inserção manual por parte do usuário ou operador através do escâner, processando os dados em uma etapa posterior) para obter uma "melhor estimativa" do local de escaneamento.

Durante a segunda etapa da escaneamento, todos os seis WAPs 502, 504, 506, 508, 510, 512 são escaneados a partir do interior do edifício, em virtude da proximidade ao escaneamento do usuário e a típica ausência (por exemplo) de paredes estruturais espessas para atenuar o sinal. Pode ser visto que muitos WAPs podem ser escaneados a partir de mais do que um local. Por exemplo, o WAP 508 é escaneado a partir dos locais 522, 524, 526, 528. Semelhante à primeira etapa, a cada local, o usuário registra novamente os parâmetros de escaneamento de Wi-Fi, como a intensidade do sinal, os endereços de MAC dos WAPs visíveis, a qualidade do sinal e etc., e a posição do usuário em si. O usuário também pode registrar outros dados ambientais específicos úteis a partir de observação e/ou conhecimento prévio, como altitude e tipo de construção, número e tipos de obstruções físicas de sinais próximas ao local de escaneamento, etc. O usuário também pode registrar os dados de sensores adicionais no dispositivo, se disponíveis, para ajudar no posicionamento, tais como magnetômetro, que pode fornecer a direção, o barômetro, que pode fornecer informações sobre a altitude, etc.

A figura 6 é uma ilustração das posições estimadas do escâner durante a segunda etapa de escaneamento mostrada na figura 5, de acordo com o processo descrito acima. Como antes, são mostrados os seis WAPs 602, 604, 606, 608, 610, 612 no edifício 600. Também são mostradas as posições estimadas do escâner nos locais 620, 622, 624, 626, 628 de escaneamento que variam a partir dos locais escaneados reais em relação, por exemplo, aos fatores mencionados acima que afetam a propagação do sinal.

Em outra forma de realização, na qual o dispositivo

apresenta uma conexão com a Internet, as coordenadas do usuário também podem ser derivadas usando um servidor central de web através da troca dos parâmetros de Wi-Fi com ele. Neste caso, um servidor central de web é operacional para fornecer a localização dos usuários através de um banco de dados interno ou de outros recursos da Internet. Em alguns casos o usuário pode também usar as coordenadas do GPS/AGPS, bem como, se estiver disponível, de qualquer outra tecnologia de posicionamento. Os usuários também podem inserir as informações, tais como as coordenadas, os tipos de ambiente, e assim por diante (conforme descrito acima em relação à etapa 1) no software de processamento para auxiliar o processo de mapeamento.

Os registros formados a partir do escaneamento de todos os cinco locais de escaneamento são processados juntos em um software em um dispositivo com diferentes algoritmos de processamento de sinal, tais como as medições de distância, usando as intensidades de sinal Wi-Fi, a modelagem ambiental, usando as entradas do usuário, a triangulação, e assim por diante, para (em geral com mais precisão) os WAPs dentro do edifício.

A figura 7 é uma ilustração esquemática das posições estimadas dos WAPs da figura 3 após a segunda etapa de escaneamento no processo da figura 5. Na figura 7, os locais reais dos WAPs 702, 704, 706, 708, 710, 712 são mostrados com um círculo sólido, e os locais estimados dos WAPs são mostrados pelos círculos tracejados sobrepostos 752, 754, 756, 758, 760, 762 correspondendo aos WAPs 702, 704, 706, 708, 710, 712, respectivamente.

Pode-se notar que, neste caso hipotético, as estimativas das posições dos WAPs são geralmente melhoradas, apesar dos casos individuais, tais como para o WAP 704 (e estimativa 754 do WAP), a estimativa pode se tornar menos precisa em relação à primeira etapa (como ilustrado na figura 4). A etapa 2 também têm mapeados os WAPs que não foram mapeados na etapa 1 (por exemplo, o WAP 706).

Apesar das coordenadas do usuário (derivadas dentro do posicionamento Wi-Fi após a etapa 1) nos pontos de escaneamento poderem não serem necessárias em relação às coordenadas do usuário (derivadas do lado de fora usando GPS/AGPS), a melhoria global da precisão do mapeamento e da cobertura dos WAPs mapeados é aumentada após a segunda etapa de mapeamento devido à proximidade do escaneamento/mapeamento do usuário (no interior do edifício) aos WAPs e, portanto, capaz de medir a distância entre o usuário e os WAPs através da predição do caminho de propagação do sinal de forma mais precisa através da aplicação dos modelos de propagação interna do sinal descritos acima em relação à etapa 1.

Todo este processo de mapeamento pode ser estendido para as etapas subsequentes para melhorar a cobertura e algum nível de precisão tantas vezes quanto melhor possam ser vistas nas coordenadas dos WAPs mapeados. O

processo permanece essencialmente o mesmo conforme o da etapa 2 e pode ser repetido, por exemplo, para verificar novamente um local anterior com mais locais de escaneamento, tanto dentro como fora de um edifício, por exemplo, se um local particular for identificado como sendo um ambiente particularmente difícil (por exemplo, após a revisão dos dados iniciais de escaneamento).

A figura 8 é uma ilustração do processo de triangulação (em 2D) da posição de um ponto de acesso sem fio (WAP). Este é um dos métodos possíveis para estimar a posição do WAP. Na figura 8 são mostrados três locais de escaneamento 802, 804, 806, cada um detectando um sinal a partir de um WAP próximo da região 808. O região 808 do WAP está a uma distância d_1 , d_2 , d_3 dos respectivos locais de escaneamento 802, 804, 806. Cada local 802, 804, 806 é circundado por um círculo que representa o local de todos os pontos na distância d_i .

Aqui, d_1 , d_2 , d_3 são derivados de qualquer um dos modelos de medição de distância descritos anteriormente disponíveis e são usados em conjunto com as coordenadas de localização dos locais 802, 804, 806 na equação a seguir:

$$d_i = \sqrt{(x_r - x_{si})^2 + (y_r - y_{si})^2} \quad (6)$$

na qual d_i é a distância, x_r e y_r são as coordenadas do WAP 7 e x_{si} e y_{si} são as coordenadas x e y dos locais, onde i é igual a 1, 2, ..., n. As três equações são formadas e resolvidas para as coordenadas x e y do WAP na região 808. Estas equações podem ser resolvidas com os métodos disponíveis, tais como o método dos mínimos quadrados.

Como mostrado na figura 8, as coordenadas mapeadas para o WAP na região 808 são onde os três círculos se sobrepõem (o local das distâncias estimadas entre os locais e o WAP). Os círculos não se sobrepõem em um único ponto devido aos erros na medição/estimação das distâncias d_1 , d_2 , d_3 , e possíveis erros nas coordenadas de referência (ou estimadas) dos locais de escaneamento 802, 804 e 806.

Será apreciado que o exemplo 2D acima pode ser estendido para 3 dimensões, conforme necessário. Normalmente não é necessário registrar a posição tridimensional de um WAP (apenas a posição bidimensional), mas será apreciado que modificações relevantes podem ser feitas se for necessária uma localização 3D.

A figura 9 é uma ilustração esquemática de um sistema de escâner dedicado adequado para o uso ao menos na primeira etapa do processo da figura 2. Este escâner pode ser usado em algumas ou todas as formas de realização descritas acima, em preferência a uma unidade portátil (que pode ou não ser a mesma unidade conforme a unidade descrita abaixo em relação à figura 10).

Na figura 9, o sistema de escâner dedicado (tal como um equipamento de war-driving) inclui uma antena direcional 902 (tal como uma antena

direcional Wi-Fi), o amplificador 904 para a amplificação dos sinais a partir da antena, um GPS 906 (ou AGPS ou outra unidade semelhante) para fornecer as coordenadas de referência do sistema de escâner 900, um computador 908 para controlar e/ou processar e/ou receber os dados a partir da antena 902, qualquer uma ou todas, um amplificador 904, uma unidade de GPS 906, uma interface de usuário 910 para controlar o sistema de escâner, a introdução de dados relevantes e resultados de visualização, e uma unidade de armazenamento de dados 912 para armazenar os registros criados pelo processo de escaneamento. Em uma forma de realização alternativa, é fornecida uma unidade de interface de rede (não mostrada) para permitir que os dados sejam enviados e/ou recebidos através de uma rede de comunicações para permitir, por exemplo, o controle remoto e/ou a coleta de dados, que pode eliminar, por exemplo, a necessidade da unidade de armazenamento 912.

A figura 10 é uma ilustração esquemática de uma unidade portátil adequada para uso com as primeira e segunda etapas do processo da figura 2.

A unidade portátil inclui uma interface Wi-Fi 1002, uma unidade GPS ou AGPS 1004, uma interface de rede 1006 (que opcionalmente pode não estar presente para uma operação puramente local do scanner), um processador 1008 (ou micro-controlador ou outro dispositivo informatizado), uma interface de usuário 1010 e uma unidade de armazenamento de dados 1012. Esta unidade pode apresentar menor seletividade, amplificação de sinal e/ou poder de processamento ou de capacidade de armazenamento em comparação com o dispositivo descrito acima em relação à figura 9, mas por outro lado, pode ser mais portátil e, portanto, mais fácil de colocar em contato mais próximo com quaisquer WAPs que o escaneamento requeira. Em outra forma de realização, a unidade portátil pode, por exemplo, omitir ou desativar a unidade de GPS/AGPS 1004, se for usada apenas durante a segunda etapa de escaneamento.

Em uma forma de realização adicional, uma unidade de escâner pode ser fornecida, a qual combina as características de ambos, o sistema digitalizador 900 descrito acima em relação à figura 9 e a unidade portátil 1000 descrita acima em relação à figura 10.

A figura 11 é uma vista geral de um sistema para localizar um dispositivo de usuário usando os dados gerados pelo processo da figura 2.

Na figura 11 são ilustrados um dispositivo de usuário 1100 (tal como, por exemplo, o dispositivo portátil 1000 descrito acima ou qualquer outro dispositivo), uma rede de telecomunicações 1102 (por exemplo, uma rede de telefone móvel), um servidor de localização 1104 e uma base de dados de locais de WAP 1106 (a qual pode ser integrada com o servidor local 1104).

Em uso, um usuário faz com que o dispositivo de usuário 1100 envie um pedido de localização 1150 para a rede de telecomunicações 1102 (por

exemplo, usando um serviço em um telefone móvel). O pedido 1150 pode tipicamente incluir os dados recebidos no dispositivo de usuário 1100, tais como as propriedades (tais como as descritas acima em relação às etapas 1 e 2) dos sinais detectados a partir de WAPs próximos. O pedido 1150 pode assim, por exemplo, incluir os detalhes das intensidades de sinal de WAPs próximos e os endereços de MAC (e/ou sinais de torre de células, e assim por diante).

Um pedido 1152 (geralmente o mesmo que o pedido inicial 1150) passa a partir da rede 1102 para o servidor de localização 1104. O servidor de localização 1104, em seguida, processa o pedido 1152 e, ao fazê-lo, interroga o banco de dados de localização 1106 com um pedido de pesquisa do WAP 1154, para especificar os dados do WAP que são relevantes para o pedido de localização 1152. A seguir, a base de dados 1106 devolve os dados do pedido 1156 para o servidor de localização 1104. O servidor termina o processamento dos dados 1156 em conjunto com os dados recebidos da solicitação 1152 para produzir uma estimativa de localização que é enviada de volta para o dispositivo de usuário 1100 sob a forma de dados de localização 1158. A rede encaminha os dados de localização 1160 (geralmente os mesmos que os dados 1158) para o dispositivo de usuário 1100. O dispositivo de usuário pode então processar os dados de localização 1160 para recuperar (e, por exemplo, exibir) a estimativa de localização.

O sistema descrito acima com referência à figura 11 também pode ser usado nas etapas iniciais de "descoberta", por exemplo, em conjugação com as etapas 1 e 2 descritas acima. O servidor 1104 pode, por exemplo, adicionalmente ou alternativamente, operar o software para processar os dados do escaneamento para produzir as diversas estimativas descritas acima.

Em algumas aplicações, os dados obtidos durante a segunda etapa de escaneamento podem ser usados para determinar um ou mais locais onde seria vantajoso localizar uma fonte de sinal eletromagnético adicional (por exemplo, um sinalizador *Bluetooth*) para melhorar a precisão dos dados de localização fornecidos para um dispositivo de usuário em um ou mais locais. Uma fonte de sinal eletromagnética adicional pode então ser fornecida a um local assim determinado. Uma etapa adicional de escaneamento de acordo com a invenção pode então ocorrer em uma pluralidade de locais em torno da nova fonte de sinal eletromagnético.

Será apreciado que outras aplicações do sistema de localização de posição descrito acima são evidentemente possíveis, por exemplo, incluindo os sistemas de localização que são inteiramente locais para um dispositivo de usuário (por exemplo, incluindo todos os dados relevantes e poder de processamento no dispositivo de usuário), e os dispositivos que se comunicam através de uma variedade de redes diferentes (por exemplo, não limitada a uma rede local ou a uma rede de

telecomunicações).

Em resumo, foi descrito um método para determinar as coordenadas da posição dos pontos de acesso sem fio (WAPs) em redes locais sem fio (WLANs) usando um processo de mapeamento auto corrigível de múltiplas etapas.

5 Tipicamente, os WAPs são pontos de acesso Wi-Fi em respectivas WLANs, mas podem ser outros WAPs de outro sistema de posicionamento baseado em Wi-Fi. O método e o sistema podem ser totalmente implementados, por exemplo, em um dispositivo móvel de usuário ou podem residir em software e componentes remotos (tal como um servidor central conectado através de alguma forma de rede de comunicações, tal como um telefone celular, Wi-Fi ou outra rede) para alcançar os mesmos objetivos.

10 Apesar da presente invenção ter sido descrita acima com referência a formas de realização específicas, será evidente a um especialista na arte que modificações se encontram dentro do espírito e âmbito da presente invenção.

Reivindicações

1. Método para estimar a localização de uma pluralidade de fontes de sinal eletromagnético, **caracterizado** por compreender:

- escanear a uma primeira pluralidade de locais para gerar os dados de posição de fonte de sinal, os dados de posição de fonte de sinal representando as estimativas da posição de uma ou mais de ditas fontes de sinal;
- escanear uma segunda pluralidade de locais usando um sistema de detecção de sinal para gerar os dados de detecção de sinal, os dados de detecção de sinal relativos aos sinais recebidos na segunda pluralidade de locais a partir das fontes de sinal;
- 10 – processar os dados de posição de fonte de sinal em relação aos dados de detecção de sinal para corrigir os erros da estimação dos dados de posição de fonte de sinal; e
- fornecer os dados de posição de fonte de sinal processados.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o processamento dos dados de posição de fonte de sinal compreende ainda o uso dos dados de detecção de sinal para estimar a posição da segunda pluralidade de locais.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, compreendendo ainda receber os dados das informações de localização que representam a informação sobre a segunda pluralidade de locais, e **caracterizado** pelo fato de que o processamento dos dados de posição de fonte de sinal compreende ainda o uso dos dados das informações de localização para estimar a posição da segunda pluralidade de locais.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que os dados das informações de localização compreendem uma estimativa do usuário a respeito da posição de ao menos uma de dita segunda pluralidade de locais.

5. Método de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** por compreender ainda a introdução dos dados das informações de localização através de um dispositivo de entrada do usuário.

6. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o processamento dos dados de posição de fonte de sinal compreende ainda o processamento dos dados de detecção de sinal de acordo com um modelo ambiental que representa os fatores ambientais aplicáveis às fontes de sinal.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** por compreender ainda recepção de ao menos um dentre os dados de seleção do modelo ambiental que represente uma escolha dos dados de modelo ambiental e os parâmetros do modelo ambiental representando uma escolha de ao menos um parâmetro de modelo ambiental, e processar os dados de detecção de sinal de acordo com o dito ao

menos um dentre os dados de seleção de modelo ambiental e os dados de parâmetros do modelo ambiental .

8. Método de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** por compreender ainda a introdução de dito ao menos um dentre os dados do seleção de modelo ambiental e os dados de parâmetros de modelo ambiental através de um dispositivo de entrada do usuário.

9. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o processamento dos dados de posição de fonte de sinal compreende ainda gerar novos dados de posição de fonte de sinal que representam as novas estimativas de fontes de sinal em relação aos dados de detecção de sinal.

10. Método de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** por compreender ainda o processamento dos dados de posição de fonte de sinal e os outros dados de posição de fonte de sinal para determinar um ajuste apropriado nos dados de posição de fonte de sinal.

11. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** por compreender ainda o processamento dos dados de detecção de sinal para estimar a localização de fontes de sinais adicionais que não foram detectadas na primeira pluralidade de locais, e adicionar os dados de posição de fonte de sinal adicionais aos dados de posição de fonte de sinal.

12. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o escaneamento na primeira pluralidade de locais compreende:

- escanear a primeira pluralidade de locais para gerar os dados de detecção de sinal iniciais, os dados de detecção de sinais iniciais relativos aos sinais recebidos na primeira pluralidade de locais a partir das fontes de sinal;
- processar os dados de sinais de detecção iniciais em relação aos primeiros dados de escaneamento de posição, os primeiros dados do escaneamento de posição representando a posição de cada um da primeira pluralidade de locais, a fim de gerar os dados de estimação de posição.

13. Método de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que o escaneamento na primeira pluralidade de locais compreende o uso do sistema de detecção de sinal para gerar os dados de detecção de sinal iniciais.

35 14. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** por compreender ainda o uso de um sistema de posicionamento em cada um da primeira pluralidade de locais para gerar os primeiros dados de escaneamento de posição.

15. Método de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que o sistema de posicionamento é em geral mais efetivo na primeira pluralidade de locais do que na segunda pluralidade de locais.

5 16. Método de acordo com a reivindicação 14 ou 15, **caracterizado** pelo fato de que o sistema de detecção de sinal é em geral mais efetivo na segunda pluralidade de locais do que na primeira pluralidade de locais.

10 17. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** por compreender ainda o escaneamento usando um sistema de detecção de sinal em uma pluralidade de locais adicional para gerar os dados de detecção de sinal adicionais e o tratamento posterior dos dados de posição de fonte de sinal em relação aos dados de detecção de sinal adicionais.

15 18. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** por compreender ainda o processamento dos dados de posição de fonte de sinal para gerar os dados do mapa que representam um mapa das fontes de sinal.

19. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que a fonte de sinal é um ponto de acesso sem fio, tal como uma estação de base em uma rede de comunicações sem fio.

20 20. Método de acordo com a reivindicação 19, **caracterizado** pelo fato de que ao menos um dentre os dados de detecção de sinal, os dados de posição de fonte de sinal e os dados de posição de fonte de sinal processados são transmitidos através do ponto de acesso sem fio.

25 21. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que ao menos parte do escaneamento é realizada usando um dispositivo manual portátil.

22. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que ao menos parte do escaneamento é realizada usando um dispositivo portátil montado em um veículo.

30 23. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** por compreender ainda:

- armazenar os dados de posição de fonte de sinal processados;
- receber um pedido de localização de usuário a partir de um dispositivo de usuário, o pedido de localização de usuário incluindo os dados obtidos a partir de um sistema de detecção de sinal associado com o dispositivo de usuário;
- 35 – processar os dados de posição de fonte de sinal armazenados em relação aos dados de pedido de localização do usuário para gerar os dados de localização do usuário que representem uma estimativa da localização do dispositivo de usuário; e
- fornecer dos dados de localização do usuário.

24. Método de acordo com qualquer uma dentre as reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o escaneamento é realizado por um usuário que se desloca entre uma pluralidade de locais.

5 25. Método de estimar a localização de uma pluralidade de fontes de sinal eletromagnético, **caracterizado** por compreender:

- introduzir os dados de posição de fonte de sinal, os dados de posição de fonte de sinal representando as estimativas da posição de uma ou mais de ditas fontes de sinal obtidas através do escaneamento em uma primeira pluralidade de locais;
- introduzir os dados de detecção de sinal, os dados de detecção de sinal relativos aos 10 sinais recebidos em uma segunda pluralidade de locais a partir das fontes de sinal;
- processar os dados de posição de fonte de sinal em relação aos dados de detecção de sinal para corrigir os erros de estimativa dos dados de posição de fonte de sinal; e
- fornecer os dados de posição de fonte de sinal processados.

15 26. Meio passível de ser lido por computador que incorpora de forma tangível o código de programa de computador para fazer com que um computador execute um método **caracterizado** por ser conforme reivindicado em qualquer uma dentre as reivindicações de 1 a 25.

20 27. Unidade portátil programada com o código de programa de computador para fazer com que a unidade portátil execute um método **caracterizado** por ser conforme reivindicado em qualquer uma dentre as reivindicações de 1 a 25.

28. Servidor programado com o código de programa de computador para fazer com que a unidade portátil execute um método **caracterizado** por ser conforme reivindicado na reivindicação 25.

25 29. Método substancialmente **caracterizado** por ser conforme aqui descrito com referência às figuras de 1 a 11.

30. Dispositivo substancialmente **caracterizado** por ser conforme aqui descrito com referência às figuras de 1 a 11.

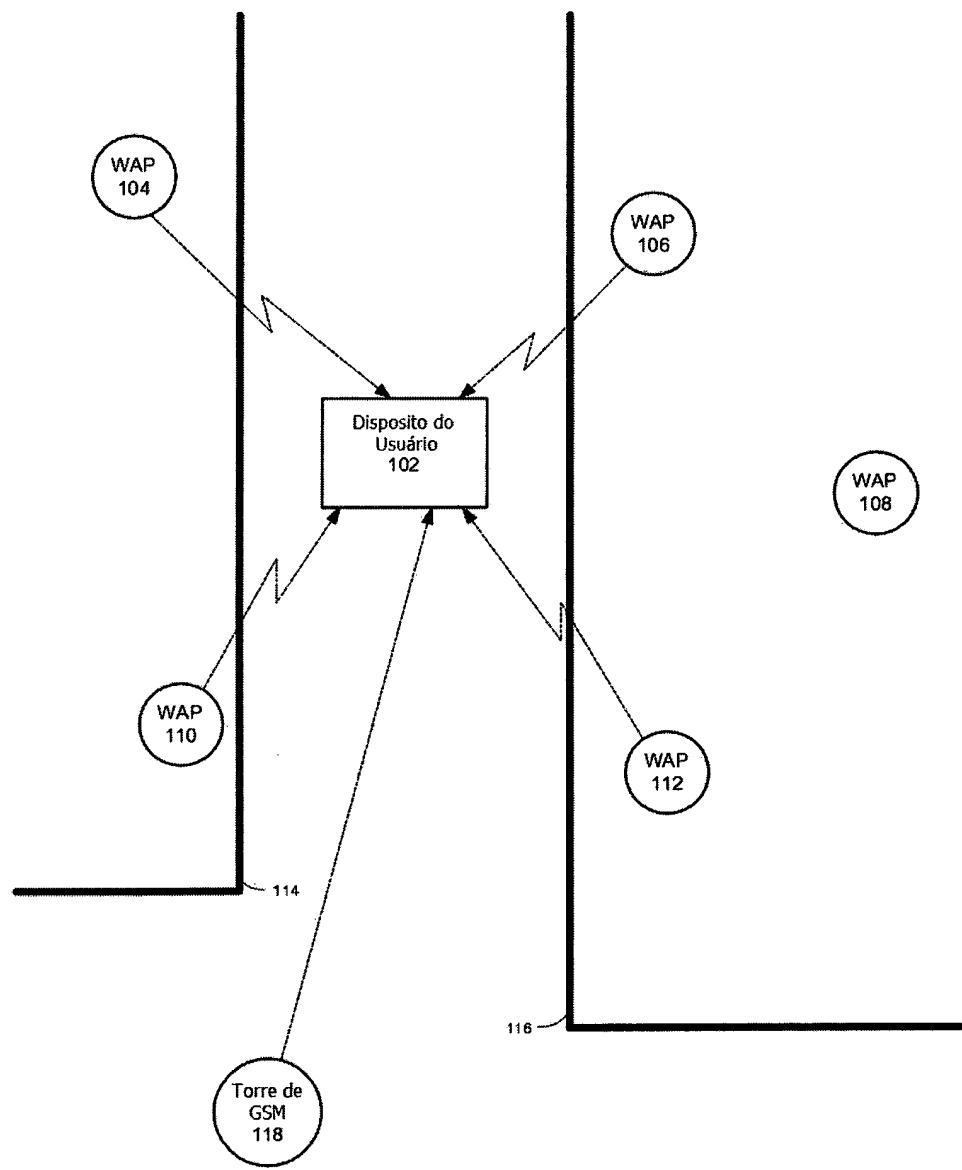


FIG. 1

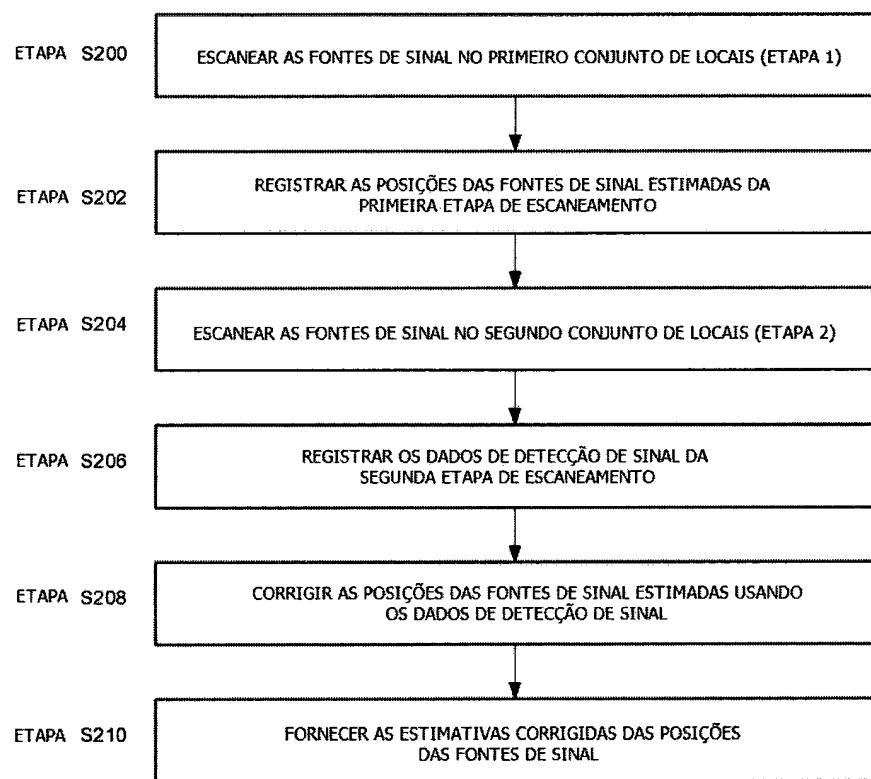


FIG. 2

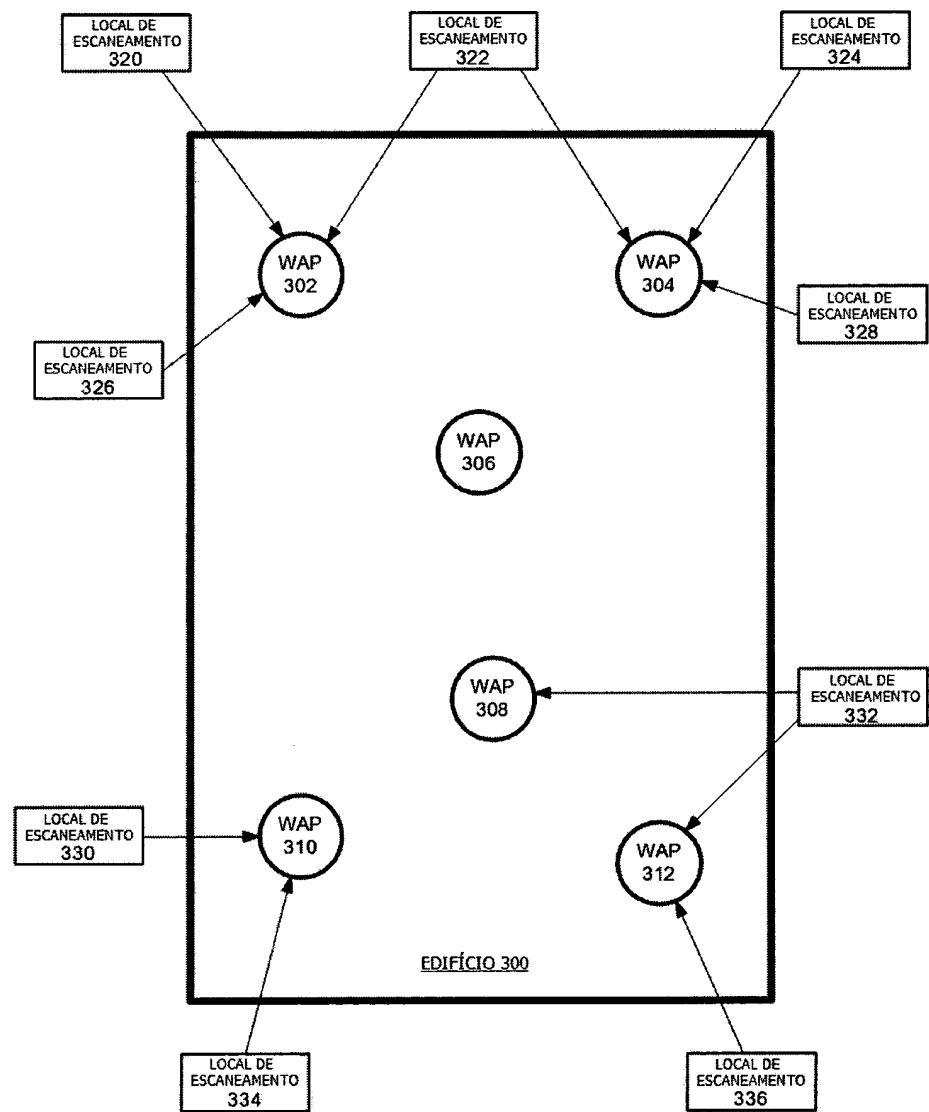


FIG. 3

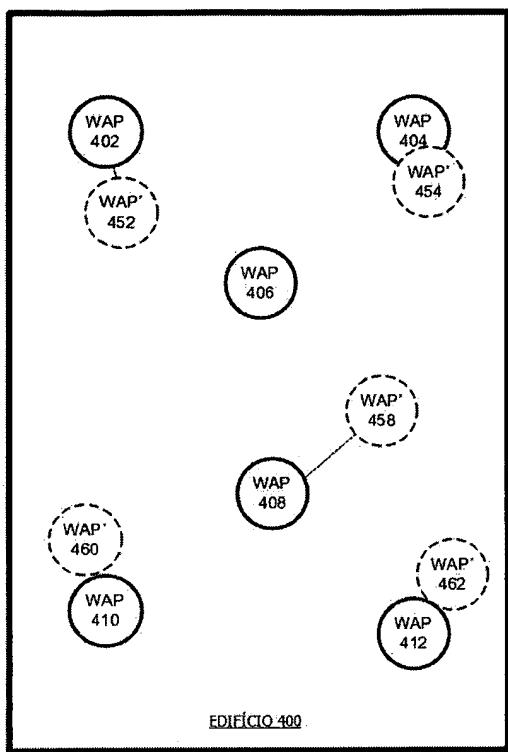


FIG. 4

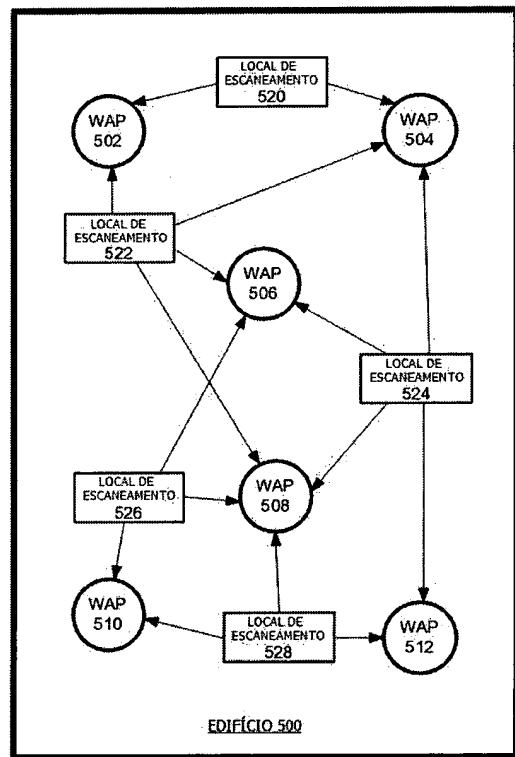


FIG. 5

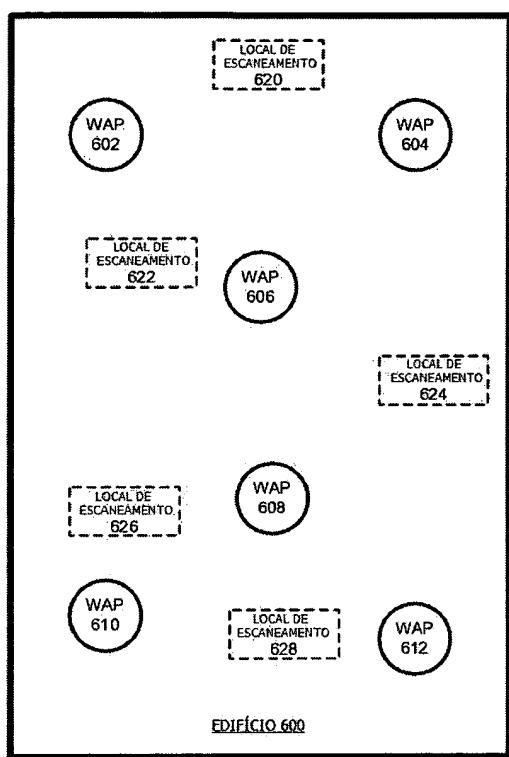


FIG. 6

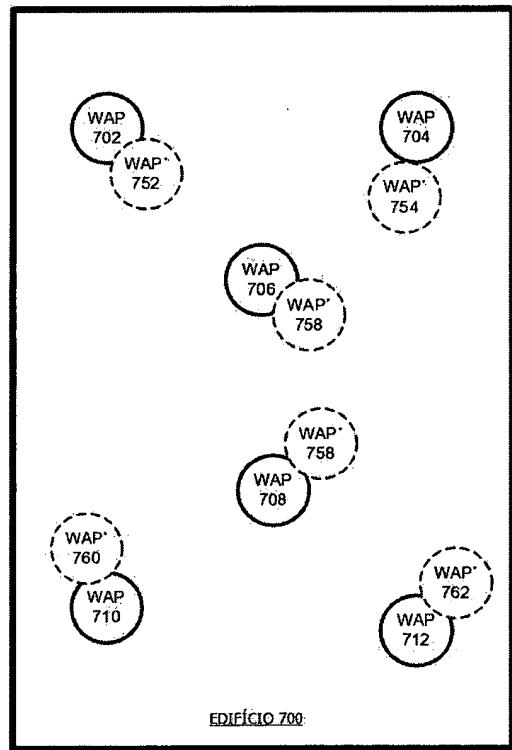


FIG. 7

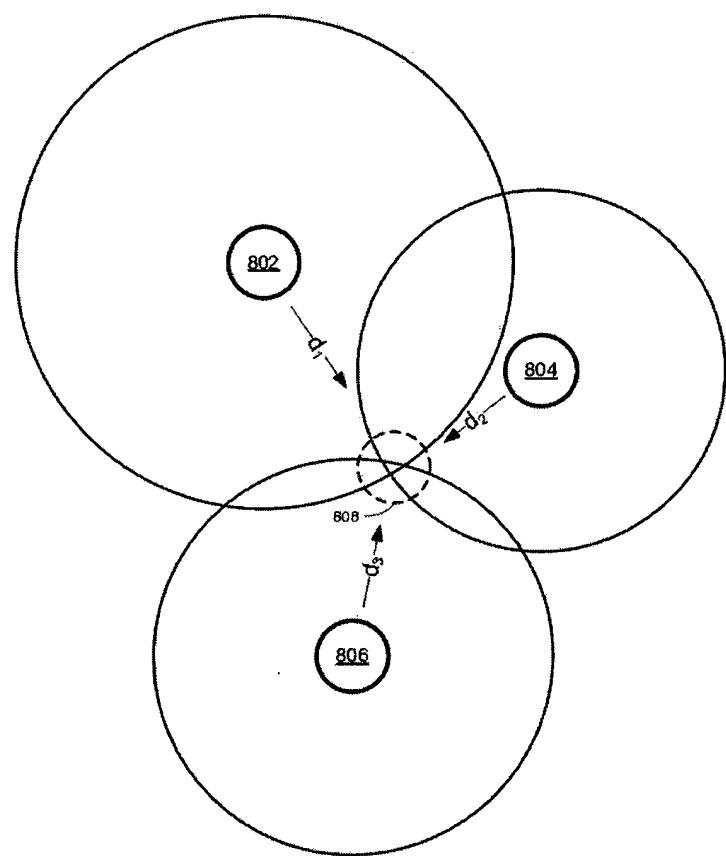


FIG. 8

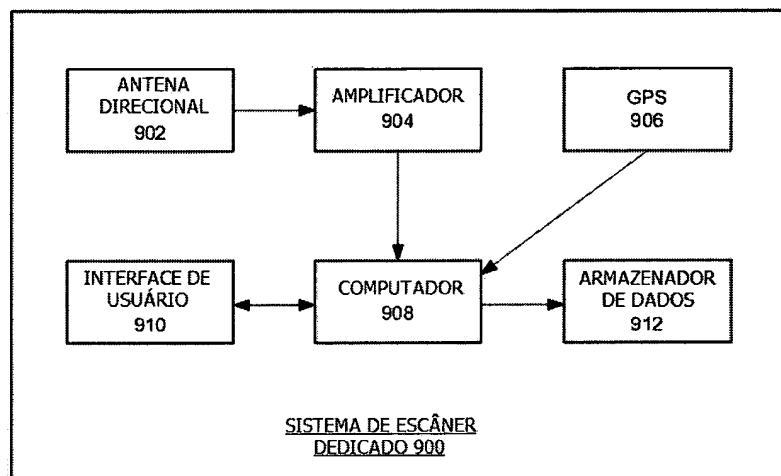


FIG. 9

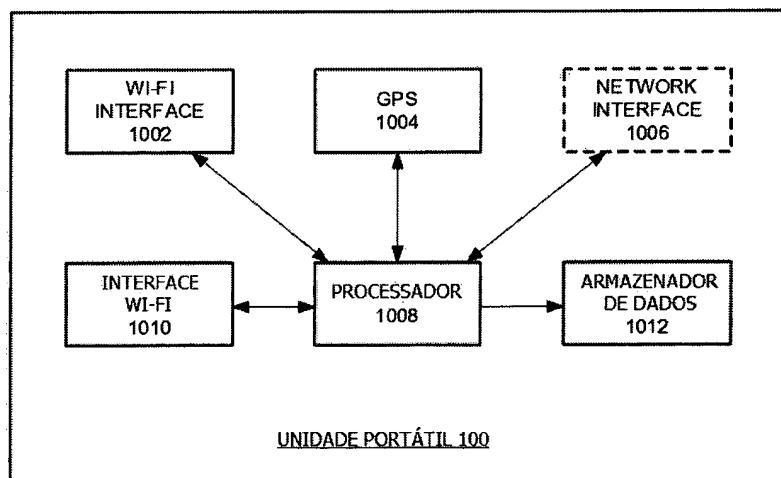


FIG. 10

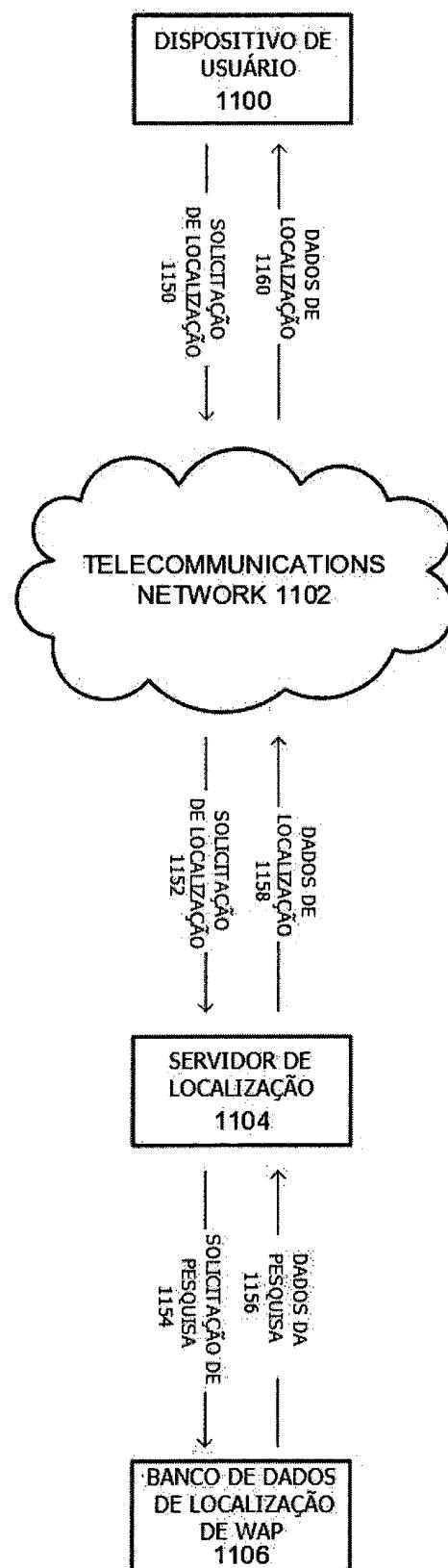


FIG. 11

Resumo

Localização de fontes de sinal eletromagnético.

É descrito um método de estimativa da localização de uma pluralidade de fontes de sinal eletromagnético, que compreende: o escaneamento de 5 uma primeira pluralidade de locais para gerar os dados de posição de fonte de sinal, os dados de posição de fonte de sinal representam as estimativas da posição de ao menos uma de ditas fontes de sinal; o escaneamento em uma segunda pluralidade de locais usando um sistema de detecção de sinal para gerar os dados de detecção de sinal, os 10 dados de detecção de sinal relativos aos sinais recebidos na segunda pluralidade de locais das fontes de sinal; processar os dados de posição de fonte de sinal em relação aos dados de detecção de sinal para corrigir os erros de estimativa nos dados de posição de fonte de sinal; e fornecer os dados de posição de fonte de sinal processados.