



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

(11) BR 122016010507-5 B1

(22) Data do Depósito: 17/10/2003

(45) Data de Concessão: 14/11/2017



(54) Título: MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA APERFEIÇOAR A PRECISÃO DE LOCALIZAÇÃO VIA RÁDIO

(51) Int.Cl.: G01S 5/14

(30) Prioridade Unionista: 13/12/2002 US 60/433,055, 17/10/2002 US 61/419,680, 18/04/2003 US 10/418,799

(73) Titular(es): QUALCOMM INCORPORATED

(72) Inventor(es): LEONID SHEYNBLAT

**"MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA APERFEIÇOAR A PRECISÃO DE
LOCALIZAÇÃO VIA RÁDIO"**

"Dividido do PI0315350-9 depositado em 17/10/2003"

Fundamentos

Campo

[0001] A presente invenção refere-se geralmente à determinação de posição. Mais especificamente, a presente invenção se refere a um método e equipamento para fornecer uma estimativa de posição mais precisa para um terminal sem fio utilizando um conjunto de medições.

Fundamentos

[0002] É frequentemente desejável, e algumas vezes necessário, se conhecer a posição de um usuário sem fio. Por exemplo, a Comissão Federal de Comunicações (FCC) tem adotado um relatório e pedido de serviço sem fio 911 melhorado (E9-1-1) que exige que a localização de um terminal sem fio (por exemplo, um telefone celular, modem, computador com capacidade sem fio, assistente digital pessoal (PDA) ou qualquer outro dispositivo móvel ou portátil que tenha a capacidade de comunicação sem fio) seja fornecida para um Ponto de Atendimento de Segurança Pública (PSAP) cada vez que uma chamada 911 for feita do terminal. A exigência da FCC requer que a localização do terminal, para tecnologias com base em aparelho telefônico, tal como GPS Assistido (A-GPS), seja precisa até dentro de 50 metros para 67% das chamadas e dentro de 150 metros para 95% das chamadas. Em adição à exigência da FCC, os provedores de serviço podem utilizar os serviços de localização (isto é, serviços que identificam a posição de terminais sem fio) em várias aplicações para fornecer características de valor agregado que podem gerar receitas adicionais.

[0003] Vários sistemas podem ser utilizados para se determinar a posição de um terminal sem fio. Um sistema desses é o Sistema de Posicionamento Global (GPS) bem conhecido, que é uma "constelação" de 24 satélites bem espaçados que orbitam a Terra. Cada satélite GPS transmite um sinal codificado com informação que permite que os receptores meçam o tempo de chegada do sinal recebido com relação a um ponto arbitrário no tempo. Essa medição relativa do tempo de chegada pode então ser convertida em uma "pseudodistância", que é a soma da distância atual entre o satélite e o terminal mais todos os erros associados com a medição. Uma posição tridimensional de um receptor GPS pode ser estimada com precisão (para dentro de 10 a 100 metros para a maior parte dos receptores GPS) com base nas medições de pseudodistância para um número suficiente de satélites (tipicamente quatro) e suas localizações.

[0004] Um sistema de comunicação sem fio, tal como um sistema de comunicação celular, também pode ser utilizado para determinar a posição de um terminal sem fio. Similar aos sinais GPS, um terminal pode receber um sinal "terrestre" de uma estação base terrestre e determinar o tempo de chegada do sinal recebido. Novamente, a medição do tempo de chegada pode ser convertida em uma pseudodistância. As medições de pseudodistância para um número suficiente de estações base (tipicamente três ou mais) podem então ser utilizadas para estimar uma posição bidimensional do terminal.

[0005] Em um sistema de determinação de posição híbrido, os sinais das estações base terrestres podem ser utilizados no lugar de, ou para suplementar, sinais de satélites GPS para determinar a posição de um terminal sem fio. Um terminal "híbrido" incluiria um receptor GPS para receber

sinais GPS dos satélites e um receptor "terrestre" para receber sinais terrestres das estações base. Os sinais recebidos das estações base podem ser utilizados para temporizar pelo terminal ou podem ser convertidos em pseudodistâncias. A posição tridimensional do terminal pode ser estimada com base em um número suficiente de medições para os satélites e estações base (para redes CDMA é tipicamente quatro).

[0006] Os três sistemas de determinação de posição diferentes descritos acima (isto é, GPS, sem fio e híbrido) podem fornecer estimativas de posição (ou "ajustes" ("fixes")) com níveis diferentes de precisão. Uma estimativa de posição derivada com base em sinais do GPS é a mais precisa. No entanto, os sinais GPS são recebidos em níveis muito baixos de potência devido às grandes distâncias entre os satélites e os receptores. Ademais, os receptores GPS mais convencionais têm grande dificuldade em receber sinais GPS dentro de edifícios, sob folhagem densa, em situações urbanas nas quais os edifícios bloqueiam muito do céu e assim por diante. Uma estimativa de posição derivada do sistema híbrido é menos precisa e a derivada com base em sinais do sistema de comunicação sem fio é ainda menos precisa. Isto se deve ao fato de que as pseudodistâncias computadas com base em sinais das estações base apresentam a tendência de exibir erros maiores do que os computados a partir de sinais GPS devido à temporização e erros de hardware nas estações base, temporização e erros de hardware no terminal e erros devidos ao percurso de propagação terrestre.

[0007] A posição de um terminal pode ser estimada com base em qualquer um dos três sistemas descritos acima. É desejável se obter uma estimativa de posição que seja tão precisa quanto possível. Dessa forma, uma solução GPS seria

derivada se um número suficiente de sinais GPS estivesse disponível. Se esse não for o caso, então uma solução híbrida pode ser derivada se um ou mais sinais GPS mais um número suficiente de sinais terrestres estiver disponível. E se nenhum sinal GPS estiver disponível, então uma solução celular pode ser obtida se um número suficiente de sinais terrestres estiver disponível.

[0008] O número necessário de sinais para derivar qualquer uma das três soluções descritas acima pode não estar disponível. Em tais situações, alguma técnica de determinação de posição alternativa pode ser utilizada para estimar a posição do terminal. Uma técnica alternativa dessa é a técnica de ID de célula, que fornece uma localização designada para uma estação base de referência (ou servidora) com a qual o terminal está em comunicação como a estimativa de posição de terminal. Essa localização designada pode ser o centro da área de cobertura da estação base, a localização da antena da estação base ou alguma outra localização dentro da área de cobertura da estação base. Uma solução de ID de célula melhorada pode combinar informação de ID de célula de uma estação base de referência com a informação de ID de célula de outra estação base e/ou incluir uma medição de retardo de ida e volta e/ou medição de intensidade de sinal de pelo menos uma estação base que está em comunicação com o terminal. Uma solução de ID de célula ou ID de célula melhorada pode ser fornecida como uma solução "de emergência" ("fall-back") ou "de rede de segurança" ("safety-net") quando uma solução mais precisa não puder ser derivada independentemente porque um número suficiente de sinais não está disponível. Infelizmente, visto que a qualidade da estimativa de posição fornecida pela técnica alternativa

mencionada acima depende do tamanho da área de cobertura da estação base, a mesma pode ser bem ruim.

[0009] Existe, portanto, uma necessidade na técnica por um método e equipamento para fornecer uma estimativa de posição mais precisa para o terminal utilizando medições que estão disponíveis.

Sumário

[00010] Um método e um equipamento são descritos aqui para utilizar medições de localização de posição para aperfeiçoar a precisão de uma estimativa de posição inicial para um terminal sem fio. Estas medições podem ser um conjunto parcial de medições ou um conjunto "completo" de medições. Um conjunto parcial de medições inclui medições que estão disponíveis, mas não em número suficiente para produzir um ajuste de posição ("position fix") independente para o terminal com uma qualidade de serviço predeterminada (isto é, precisão predeterminada). No entanto, ao invés de eliminar essas medições, como é normalmente feito, elas são utilizadas para derivar uma estimativa de posição revisada para o terminal possuindo uma precisão aperfeiçoada em relação à estimativa de posição inicial. Em outro método e equipamento, uma estimativa de posição inicial é aperfeiçoada pela utilização de um conjunto completo de medições. Um conjunto completo de medições é um conjunto de medições a partir do qual é possível se derivar uma solução de localização de posição com uma qualidade de serviço suficientemente alta, mas que pode, não obstante, ser aperfeiçoada pelo método e equipamento. Esse método e esse equipamento são essencialmente os mesmos se um conjunto completo ou um conjunto parcial de medições for utilizado. De acordo, para facilitar a discussão, o método e o

equipamento revelados são descritos no contexto do conjunto parcial de medições apenas.

[00011] Em um método para determinação de uma estimativa de posição para o terminal sem fio, a estimativa de posição inicial para o terminal é obtida primeiro com base em uma solução de ID de célula ou de ID de célula melhorada ou outros esquemas de estimativa de localização de posição. Um conjunto parcial de medições também é obtido para o terminal de um ou mais sistemas de determinação de posição. O conjunto parcial pode incluir medições de satélites, estações base sem fio e/ou pontos de acesso ou uma combinação de medições de satélite e terrestres. A estimativa de posição inicial é então atualizada com o conjunto parcial de medições para obter a estimativa de posição revisada para o terminal.

[00012] A atualização pode ser realizada primeiro pela derivação de um vetor de medição com base na estimativa de posição inicial e no conjunto parcial de medições. O vetor de medição inclui tipicamente residuais de pseudodistância para os transmissores cujas medições estão no conjunto parcial. Cada residual de pseudodistância é a diferença entre (1) uma pseudodistância "medida" da posição do terminal para o transmissor (derivada com base na medição) e (2) uma pseudodistância "computada" da estimativa de posição inicial para o transmissor. Uma matriz de observação também é formada para o conjunto parcial de medições. Uma matriz de pesos para utilizar na combinação da estimativa de posição inicial e do conjunto parcial de medições também pode ser determinada. Um vetor de correção é então derivado com base no vetor de medição, na matriz de observação e na matriz de peso. A estimativa de posição inicial é então atualizada com o vetor de correção, que inclui mudanças para a estimativa de posição inicial.

[00013] Vários aspectos e modalidades do método e do equipamento são descritos em maiores detalhes abaixo.

Breve Descrição dos Desenhos

[00014] As características, natureza e vantagens da presente invenção se tornarão mais evidentes a partir da descrição detalhada apresentada abaixo quando levada em consideração em conjunto com os desenhos nos quais referências numéricas similares identificam partes similares por todas as vistas e onde:

[00015] A figura 1 ilustra um sistema constituído de um número de sistemas de determinação de posição;

[00016] A figura 2 ilustra um processo para fornecimento de uma estimativa de posição mais precisa para um terminal sem fio utilizando um conjunto parcial de medições;

[00017] As figuras 3A a 3C ilustram três situações operacionais ilustrativas, nas quais o método e o equipamento revelados podem fornecer a estimativa de posição mais precisa;

[00018] As figuras 4A a 4E ilustram de forma gráfica o processo de combinação da estimativa de posição inicial com as medições via satélite e/ou celulares;

[00019] A figura 5 ilustra uma modalidade específica do processo ilustrado na figura 2;

[00020] A figura 6 ilustra um processo para combinação da informação de domínio de estado com a informação de domínio de medição para fornecer a estimativa de posição mais precisa; e

[00021] A figura 7 é um diagrama de blocos de uma modalidade de uma unidade receptora, que pode ser um componente do terminal sem fio.

Descrição Detalhada

[00022] A figura 1 é um diagrama ilustrando um sistema 100 constituído de um número de sistemas de determinação de posição. Um sistema de determinação de posição como esse é um sistema de posicionamento via satélite (SPS), que pode ser o Sistema de Posicionamento Global (GPS) bem conhecido. Outro sistema de determinação de posição como esse é um sistema de comunicação celular, que pode ser um sistema de comunicação de Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA), um sistema de comunicação tipo Sistema Global para Móvel (GSM) ou algum outro sistema sem fio. Em geral, o sistema 100 pode incluir qualquer número de sistemas de determinação de posição que podem ser de qualquer tipo (por exemplo, um Bluetooth, Fidelidade Sem Fio (Wi-Fi), Largura de Banda Ultra Larga (UWB) ou qualquer outro sistema capaz de fornecer informação relacionada com localização). Se o sistema for projetado para fornecer cobertura de sinal localizado, então esse sistema pode ser referido como um Sistema de Posicionamento de Área Local (LAPS).

[00023] Como ilustrado na figura 1, um terminal 110 pode receber sinais transmitidos de um número de transmissores (ou transceptores), cada um dos quais pode ser uma estação base 120 do sistema de comunicação celular ou um satélite 130 do SPS. O terminal 110 pode ser um telefone celular, um modem, um computador com capacidade sem fio, um assistente digital pessoal (PDA) ou qualquer outro dispositivo móvel ou portátil que tenha a capacidade de comunicação sem fio. Em geral, qualquer tipo de transmissor localizado nos locais que são conhecidos ou que possam ser determinados podem ser utilizados para determinar a posição do terminal. Por exemplo, o terminal 110 pode receber sinal de um ponto de acesso em um sistema Bluetooth. Como utilizado aqui, uma estação base pode ser qualquer transmissor ou transceptor

terrestre que transmite e/ou recebe um sinal que pode ser utilizado para a determinação de posição.

[00024] O terminal 110 pode ser qualquer dispositivo capaz de receber e processar sinais dos sistemas de determinação de posição para obter informação de temporização, medição de distância ("ranging") e/ou localização. Deve-se notar que temporização e medição de distância não precisam ser atreladas uma à outra. Por exemplo, o simples recebimento de um sinal de um sistema de curta distância tal como um sistema Bluetooth pode fornecer informação suficiente para a localização via rádio de um terminal. O terminal 110 pode ser um telefone celular, um terminal fixo, uma unidade de partes eletrônicas (por exemplo, um sistema de computador, um assistente digital pessoal (PDA) e assim por diante) com um modem sem fio, uma unidade receptora capaz de receber sinais de satélites e/ou estações base e assim por diante. Em outro exemplo, o terminal 110 pode ser qualquer dispositivo capaz de transmitir sinais para os sistemas de determinação de posição de forma que esses sistemas de determinação de posição possam obter informação de temporização, medição de distância e/ou localização.

[00025] A posição de um terminal sem fio pode ser determinada com base em sinais de um ou múltiplos sistemas de determinação de posição. Por exemplo, se o sistema 100 incluir o SPS e o sistema de comunicação celular, então a posição do terminal pode ser estimada com base em sinais a partir (1) do SPS sozinho, (2) do sistema de comunicação celular sozinho, ou (3) de ambos o SPS e o sistema de comunicação celular. As técnicas para determinação da posição do terminal com base apenas em medições para estações base no sistema de comunicação celular são conhecidas como Triangulação de Link Direto Avançada (A-

FLT), Tempo de Chegada de Uplink (U-TOA) ou Diferença de Tempo de Chegada de Uplink (U-TDOA), Diferença de Tempo Observada Melhorada (E-OTD), e Diferença de Tempo de Chegada Observada (OTDOA).

[00026] Cada sistema de determinação de posição pode fornecer estimativas de posição (ou ajustes) com um certo nível de precisão e também pode ser disponível para certos ambientes operacionais. Se o sistema 100 incluir o SPS e o sistema de comunicação celular, então a precisão e a disponibilidade para esses sistemas podem ser brevemente resumidas (em ordem decrescente de precisão típica), como ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1

Tipo de Medição	Tipo de Solução	Descrição
SPS	Com base em Aparelho Telefônico	Solução com base apenas no SPS. Maior precisão. Pode não estar disponível para certos ambientes (por exemplo, interiores profundos).
SPS + A-FLT	Híbrido	Solução híbrida com base em uma combinação de sistemas SPS e de comunicação celular. Precisão intermediária. Disponibilidade interna aperfeiçoada.
LAPS	Com base em WLAN	Solução baseada apenas no sistema de comunicação de área local. Precisão dependente das características de distância máxima do sistema. Muito boa

		disponibilidade interna.
A-FLT	Com base em Rede	Solução com base apenas no sistema de comunicação celular. Precisão reduzida. Comumente disponível na área urbana e pode estar disponível onde o GPS não está disponível (por exemplo, interiores profundos).
ID de célula Melho- rada	Com base em célula	Solução baseada apenas no sistema de comunicação celular. Baixa precisão. Geralmente depende do tamanho do setor de célula e da precisão de retardo de ida e volta ou medição similar. Pode incluir outras medições celulares, tais como observações de mais de um transmissor e intensidade de sinal.
ID de Célula	Com base em célula	Solução baseada apenas no sistema de comunicação celular. Menor precisão. Fornece apenas a identidade da célula onde o terminal está localizado. Portanto, a precisão depende do tamanho da célula.

[00027] Uma solução "com base em SPS" tem a maior precisão na Tabela 1. No entanto, um número suficiente de satélites SPS (tipicamente quatro) pode não estar

disponível em determinados ambientes operacionais (por exemplo, interiores) para computar essa solução. Uma solução "híbrida" tem a próxima precisão mais alta, mas exige sinais de um ou mais satélites SPS mais um número suficiente de estações base. Novamente, o número exigido de sinais (tipicamente quatro) pode não estar disponível para determinados ambientes operacionais. Uma solução com "base em rede", tal como A-FLT, pode ser obtida com base em medições para um número suficiente de estações base (três ou mais). Se o número necessário de estações base não estiver disponível, então uma solução de ID "com base em célula" ou de ID de célula melhorada pode ser obtida com base em uma medição para uma única estação base. Essa estação base é tipicamente a que está em comunicação com o terminal e é frequentemente referida como estação base de "referência". Em outro exemplo, a solução de ID de célula melhorada pode incluir informação de múltiplas estações base ou células, tal como as descrições da área de cobertura de célula, as observações de múltiplos transmissores e características de sinal tal como intensidade de sinal, interferência de sinal, etc.

[00028] As técnicas para derivação de uma solução híbrida são descritas em detalhes na patente U.S. No. 5,999,124, intitulada "Satellite Positioning System Augmentation with Wireless Communication Signals", expedida em 7 de dezembro de 1999, a qual é incorporada aqui por referência.

[00029] De forma convencional, uma das soluções ilustradas na Tabela 1 é fornecida toda vez que uma estimativa de posição é necessária para o terminal. A solução mais precisa é derivada se o número necessário de medições (isto é, um conjunto completo de medições) para a solução estiver disponível. Se menos do que o número necessário de medições estiver disponível, então uma

solução de emergência ou de rede de segurança tal como uma solução de ID de célula ou ID de célula melhorada pode ser fornecida.

[00030] Um método e um equipamento são descritos aqui para utilizar um conjunto parcial de medições obtidas a partir de um ou mais sistemas de determinação de posição para aperfeiçoar a precisão de uma estimativa de posição inicial aproximada. A estimativa de posição inicial pode ser fornecida, por exemplo, por uma solução de ID de célula, de ID de célula melhorada ou LAPS. Será compreendido pelos versados na técnica que várias outras maneiras são conhecidas para se determinar uma estimativa de posição inicial, tal como pelo uso de navegação estimada ("dead reckoning"), uma estimativa inserida diretamente pelo usuário, etc.

[00031] O conjunto parcial pode incluir medições de SPS e/ou celulares. Esse conjunto parcial é definido pelo fato de não incluir um número suficiente de medições necessárias para se derivar uma estimativa de posição independente para o terminal com uma qualidade de serviço predeterminada. Será compreendido pelos versados na técnica que a qualidade de serviço predeterminada deve ser determinada com base na aplicação particular para a qual a determinação de localização de posição será utilizada. Por exemplo, a qualidade de serviço necessária para se fornecer informação sobre que pontos de interesse (por exemplo, máquinas de atendimento automático (ATMs), restaurantes, lojas de um determinado tipo, etc.) estão por perto pode ser relativamente baixa (imprecisa). Em contraste, a qualidade de serviço predeterminada precisaria ser relativamente alta (precisa) para uma aplicação tal como navegação através de um labirinto de ruas estreitas separadas por distâncias relativamente pequenas. Uma qualidade ainda mais alta pode

ser exigida para fornecer informação sobre uma loja ou restaurante em particular no qual você está localizado. Por exemplo, em uma aplicação, o usuário de um terminal pode estar interessado em baixar ("downloading") o cardápio do restaurante que ele está prestes a entrar em uma rua que possui vários restaurantes muito perto uns dos outros (isto é, um do lado do outro). A fim de distinguir um do outro, a qualidade de serviço precisaria ser relativamente alta.

[00032] No entanto, ao invés de descartar as medições que são insuficientes para se alcançar a qualidade de serviço predeterminada, como é convencionalmente feito, o método e o equipamento agora descritos utilizam essas medições para derivar uma estimativa de posição revisada possuindo uma precisão aperfeiçoada através da estimativa de posição inicial. Uma exceção pode ser uma solução LAPS. Se a distância ou distância de sinal máxima LAPS do transmissor LAPS for inferior a uma estimativa de erro de posição inicial, então a estimativa de posição inicial pode ser atualizada (ou substituída) pela solução LAPS, que pode ter sido derivada de uma única medição LAPS. Essa medição LAPS pode ser uma medição de distância, uma característica de sinal, um indicador simples de recepção de sinal, ou pode ser baseada na descrição da área de cobertura LAPS.

[00033] Em outro método e equipamento, uma estimativa de posição inicial é aperfeiçoada pela utilização de um conjunto completo de medições. Um conjunto completo de medições é um conjunto de medições do qual é possível se derivar uma solução de localização de posição com uma qualidade de serviço suficientemente alta, mas que pode, não obstante, ser aperfeiçoada pelo método e equipamento. O método e equipamento agora descritos são essencialmente os mesmos se um conjunto completo ou um conjunto parcial de medições for utilizado. De acordo, para facilitar a

discussão, o método e equipamento revelados são descritos no contexto do conjunto parcial de medições apenas.

[00034] A figura 2 é um fluxograma de uma modalidade de um processo 200 para fornecer uma estimativa de posição mais precisa para um terminal sem fio utilizando um conjunto parcial de medições. O processo começa pela obtenção de uma estimativa de posição inicial para o terminal (etapa 212). Essa estimativa de posição inicial pode ser derivada de um ou mais sistemas de determinação de posição. Adicionalmente, a estimativa de posição inicial pode representar a solução mais precisa que pode ser obtida utilizando-se qualquer técnica de determinação de posição disponível. Por exemplo, a estimativa de posição inicial pode ser fornecida por uma solução de ID de célula, uma solução de ID de célula melhorada ou alguma outra solução.

[00035] Um conjunto parcial de medições também é obtido a partir de um ou mais sistemas de determinação de posição (etapa 214). Esse conjunto parcial não inclui um número suficiente de medições para derivar uma estimativa de posição independente para o terminal com uma qualidade de serviço predeterminada. No entanto, se o número necessário de medições estivesse disponível, então a estimativa de posição independente poderia ter sido obtida para o terminal e essa estimativa de posição teria tipicamente uma precisão mais alta do que a estimativa de posição inicial. O conjunto parcial pode incluir medições apenas do SPS, medições apenas do sistema de comunicação celular ou medições de ambos o SPS e o sistema de comunicação sem fio ou de qualquer número de outros sistemas de determinação de posição.

[00036] A estimativa de posição inicial é então atualizada com o conjunto parcial de medições para obter uma estimativa de posição revisada para o terminal (etapa

216). Essa estimativa de posição revisada tem maior precisão do que a estimativa de posição inicial. A quantidade de aperfeiçoamento na precisão depende de vários fatores tais como (1) a precisão (ou imprecisão) da estimativa de posição inicial, (2) o número e o tipo de medições disponíveis para atualização, geometria (isto é, posições relativas dos transmissores a partir dos quais sinais são recebidos e assim por diante). A atualização é descrita abaixo.

[00037] Para se descrever mais claramente o método e o equipamento, a derivação para computar uma estimativa de posição para o terminal com base em um conjunto completo de medições é descrita primeiro. Na descrição a seguir, um sistema de coordenadas geodéticas é utilizado e uma posição tridimensional (3D) pode ser definida por três valores para latitude (norte), longitude (leste) e altitude (para cima).

[00038] Para um terminal localizado em uma dada coordenada 3D, sua posição exata pode ser determinada com base nas distâncias reais (ou "verdadeiras") para três transmissores em localizações conhecidas. No entanto, a distância verdadeira de cada transmissor normalmente não pode ser determinada devido a erros de relógio e de outras medições. Ao invés disso, uma "pseudodistância" pode ser determinada, incluindo a distância verdadeira mais um desvio decorrente de erros de relógio e de outras medições. Uma quarta medição poderia então ser necessária para se remover o desvio comum em todas as medições.

[00039] Uma equação básica referente à posição do terminal, à i -ésima localização do transmissor e à pseudodistância PR_i da posição do terminal para a i -ésima localização do transmissor podem ser expressas como:

$$PR_i = \sqrt{(Lat - Lat_i)^2 + (Long - Long_i)^2 + (Alt - Alt_i)^2} + T, \quad \text{Eq (1)}$$

onde Lat , $Long$ e Alt representam as coordenadas espaciais planas 3D da posição real do terminal;

Lat_i , $Long_i$ e Alt_i representam as coordenadas da i -ésima localização do transmissor; e

T representa a coordenada temporal.

Um conjunto de quatro equações básicas pode ser obtido como ilustrado na equação (1) para quatro transmissores diferentes, isto é, para $i = \{1, 2, 3, 4\}$.

[00040] As equações básicas podem ser linearizadas pelo emprego de relações incrementais, como se segue:

$$Long = Long_{inic} + \Delta e, \quad Eq(2)$$

$$Lat = Lat_{inic} + \Delta n,$$

$$Alt = Alt_{inic} + \Delta u,$$

$$T = T_{inic} + \Delta T, \text{ e}$$

$$PR_i = PR_{inic,i} + \Delta PR_i, \text{ para } i = \{1, 2, 3, 4\},$$

onde Lat_{inic} , $Long_{inic}$, Alt_{inic} e T_{inic} são os valores iniciais (melhor estimativa *a priori*) de Lat , $Long$, Alt e T , respectivamente;

Δe , Δn , Δu , e ΔT representam as correções aos valores iniciais Lat_{inic} , $Long_{inic}$, Alt_{inic} e T_{inic} , respectivamente;

$PR_{inic,i}$ representa a medição de pseudodistância da estimativa de posição inicial para o i -ésimo transmissor (isto é, uma pseudodistância "computada");

PR_i representa a medição de pseudodistância da posição do terminal para o i -ésimo transmissor (isto é, a pseudodistância "medida"); e

ΔPR_i representa a diferença entre as pseudodistâncias computada e medida (que também são referidas como "residual de pseudodistância").

[00041] No conjunto de equação (2), Lat_{inic} , $Long_{inic}$ e Alt_{inic} representam a estimativa de posição 3D inicial do terminal e Lat , $Long$, e Alt representam a posição em 3D

real do terminal (ou uma melhor estimativa *a posteriori*). A estimativa de posição inicial é a melhor estimativa atualmente disponível para o terminal.

[00042] A medição de pseudodistância $PR_{inic,i}$ é um valor computado para a pseudodistância entre a estimativa de posição inicial (Lat_{inic} , $Long_{inic}$ e Alt_{inic}) e a localização conhecida do i -ésimo transmissor (Lat_i , $Long_i$ e Alt_i). Essa medição de pseudodistância pode ser expressa como:

$$PR_{inic,i} = \sqrt{(Lat_{inic} - Lat_i)^2 + (Long_{inic} - Long_i)^2 + (Alt_{inic} - Alt_i)^2} \quad . \quad \text{Eq (3)}$$

[00043] A medição de pseudodistância PR_i é considerada um valor "medido", visto que é derivado com base no sinal recebido pelo terminal do i -ésimo transmissor. Em particular, se o tempo no qual o sinal é transmitido do i -ésimo transmissor for conhecido (por exemplo, se o sinal tiver selo de tempo ou a informação de temporização for codificada no sinal), então o tempo que leva para o sinal percorrer até o terminal pode ser determinado pela observação do tempo no qual o sinal é recebido no terminal (com base no relógio interno do terminal). No entanto, a quantidade de tempo entre a transmissão e a recepção tipicamente não pode ser determinada com exatidão devido aos desvios entre os relógios no transmissor e no terminal e outros erros de medição. Dessa forma, uma pseudodistância é derivada com base na diferença entre um tempo de referência e o tempo no qual o sinal é recebido. Em outro exemplo, uma característica de sinal, tal como uma intensidade de sinal, ou uma combinação de características de sinal podem ser utilizadas para derivar uma medição de pseudodistância. A derivação de uma pseudodistância de um sinal recebido de um satélite SPS é conhecida na técnica e não é descrita em detalhes aqui.

[00044] O residual de pseudodistância ΔPR_i para o i -ésimo transmissor pode ser expresso como:

$$\Delta PR_i = PR_i - PR_{inic,i} \quad \text{Eq (4)}$$

[00045] Substituindo as expressões incrementais no conjunto de equação (2) na equação básica (1) e ignorando os termos de erros de segunda ordem, o seguinte pode ser obtido:

$$\Delta PR_i = \frac{\partial PR_i}{\partial e} \Delta e + \frac{\partial PR_i}{\partial n} \Delta n + \frac{\partial PR_i}{\partial u} \Delta u + \Delta T, \text{ para } i = \{1, 2, 3, 4\}. \quad \text{Eq (5)}$$

[00046] As quatro equações linearizadas ilustradas pela equação (5) podem ser expressas de forma mais conveniente em uma forma de matriz, como se segue:

$$\begin{bmatrix} \Delta PR_1 \\ \Delta PR_2 \\ \Delta PR_3 \\ \Delta PR_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix}, \quad \text{Eq (6)}$$

onde $\partial/\partial x$ é o cosseno de direção do ângulo entre a pseudodistância para o i -ésimo transmissor e um vetor na direção x , onde x pode ser leste, norte ou para cima. A equação (6) pode ser utilizada para determinar ou atualizar a posição do terminal, desde que um conjunto completo e independente de medições de pseudodistância para os quatro transmissores esteja disponível.

[00047] A figura 3A é um diagrama ilustrando uma situação operacional ilustrativa na qual o método e o equipamento descritos podem ser utilizados para fornecer uma estimativa de posição mais precisa. Na figura 3A, o terminal 110 recebe um sinal da estação base 120x e sinais de dois satélites SPS 130x e 130y. Esses três sinais podem não ser

suficientes para se derivar um ajuste de posição híbrido 3D. Uma solução de ID de célula pode então ser derivada utilizando-se o conhecimento básico da estação base 120x, que está em comunicação com o terminal 110. Se a estação base 120x for projetada para fornecer cobertura para uma área geográfica aproximada por um círculo 310, então a posição do terminal 110 pode ser estimada como a localização da estação base ou alguma outra localização designada dentro da área de cobertura.

[00048] Para se aumentar a capacidade do sistema, a área de cobertura de cada estação base pode ser dividida em um número de setores (por exemplo, três setores). Cada setor é então servido por um subsistema transceptor base correspondente (BTS). Para uma área de cobertura que foi setorizada (comumente referida como uma célula setorizada), a estação base servindo essa área de cobertura incluiria então todos os BTSs servindo os setores da área de cobertura. Uma solução de ID de célula melhorada pode então ser obtida com informação adicional identificando o setor BTS específico com o qual o terminal está em comunicação. Em tal caso, a incerteza na posição do terminal pode ser reduzida para uma área em formato de torta, que é rotulada como setor A na figura 3A. A posição do terminal pode então ser estimada como o centro do setor coberto por este BTS (ponto 312) ou alguma outra localização designada.

[00049] Informação adicional também pode estar disponível, tal como a intensidade do sinal recebido do BTS, o retardo de ida e volta (RTD) entre o terminal e o BTS, o tempo de avanço (TA) do sinal recebido (para GSM), o tempo de ida e volta (RTT) entre o terminal e o BTS (para W-CDMA) e assim por diante. Se tal informação adicional estiver disponível, então a estimativa de posição do terminal pode ser ajustada de acordo.

[00050] Como ilustrado acima, a técnica de ID de célula ou de ID de célula melhorada pode fornecer uma estimativa de posição aproximada para o terminal. Isso representaria então uma melhor estimativa *a priori* 2D (isto é, a estimativa de posição inicial) para o terminal. A estimativa de posição inicial para o terminal pode ser dada como (Lat_{inic} e $Long_{inic}$). Uma estimativa de posição revisada possuindo precisão aperfeiçoada pode então ser obtida para o terminal utilizando duas medições de pseudodistância para os dois satélites SPS 130x e 130y.

[00051] As equações linearizadas para o terminal com duas medições de pseudodistância para os dois satélites podem ser expressas como:

$$\begin{bmatrix} \Delta PR_1 \\ \Delta PR_2 \\ \Delta H \\ \Delta CB \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix}, \quad \text{Eq (7)}$$

onde ΔH é o residual de altitude, que representa a diferença entre a estimativa atual da altitude do terminal e a altitude real; e

ΔCB representa a diferença entre a estimativa de tempo de referência atual e o tempo de referência "verdadeiro".

[00052] Na equação (7), o residual de pseudodistância ΔPR_i para cada um dos dois satélites SPS pode ser determinado com base na pseudodistância computada $PR_{inic,i}$ e a pseudodistância medida PR_i para o satélite, como ilustrado na equação (4). A pseudodistância $PR_{inic,i}$ pode ser computada como a distância entre a estimativa de posição inicial do terminal (Lat_{inic} , $Long_{inic}$ e Alt_{inic}) e a i -ésima localização do satélite (Lat_i , $Long_i$ e Alt_i), onde a

altitude do terminal, Alt_{inic} , pode ser estimada para ser igual à altitude para o BTS servidor ou alguma outra altitude. Dada alguma informação adicional sobre o tempo de referência, ΔCB pode ser utilizada para compensar a diferença entre a estimativa de tempo de referência atual e o tempo de referência "verdadeiro". Em um exemplo, o tempo de propagação entre o BTS servidor e o terminal pode ser medido e utilizado para fornecer a informação sobre o retardo de tempo de referência. A pseudodistância PR_i é derivada com base no sinal recebido do i -ésimo satélite e é uma medição da distância do i -ésimo satélite até a localização real do terminal ("verdadeira").

[00053] A equação (7) também pode ser expressa em uma forma mais compacta como se segue:

$$\underline{r} = \underline{H}\underline{x}, \quad \text{Eq (8)}$$

onde $\underline{r}$ é um vetor com quatro elementos para os residuais de pseudodistância (isto é, o vetor de "medição");

$\underline{x}$ é um vetor com quatro elementos para a posição de usuário e correções de tempo (isto é, o vetor de "correção"); e

$\underline{H}$ é a matriz de "observação" 4x4.

[00054] O vetor de correção $\underline{x}$ pode então ser determinado como:

$$\underline{x} = \underline{H}^{-1} \underline{r}. \quad \text{Eq (9)}$$

A equação (9) fornece uma solução não ponderada para o vetor de correção $\underline{x}$. Essa equação fornece pesos iguais para a informação referente à estimativa de posição inicial (por exemplo, obtida a partir da técnica de ID de célula ou outra técnica) e a informação de medição de distância para os satélites SPS. Para se combinar melhor as duas peças de

informação, a estimativa de posição inicial e as medições de pseudodistância podem receber pesos adequados.

[00055] Uma matriz de co-variância $\underline{V}$, que é conhecida também como uma matriz de ruído de medição, pode ser determinada para as equações linearizadas ilustradas no conjunto da equação (7) e pode ser expressa como:

$$\underline{V} = \begin{bmatrix} V_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & V_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & V_h & 0 \\ 0 & 0 & 0 & V_{cb} \end{bmatrix}, \quad \text{Eq (10)}$$

onde V_{11} é a variância do erro para a medição de pseudodistância PR_1 para o primeiro satélite;

V_{22} é a variância do erro para a medição de pseudodistância PR_2 para o segundo satélite;

V_h é a variância do erro para a medição de altura; e

V_{cb} é a variância do erro associado com o tempo de referência.

Os elementos V_{11} e V_{22} podem ser expressos como $V_{11} = \sigma_{pr1}^2$ e $V_{22} = \sigma_{pr2}^2$, onde σ_{pr1} e σ_{pr2} são os desvios padrão dos erros para as medições de pseudodistância PR_1 e PR_2 , respectivamente. Uma matriz de peso $\underline{W}$ pode ser definida como um inverso da matriz de co-variância $\underline{V}$ (i.e., $\underline{W} = \underline{V}^{-1}$). Os elementos diferentes de zero de $\underline{W}$ determinam a ponderação para as medições de pseudodistância e a informação referente à estimativa de posição inicial na derivação da estimativa de posição revisada. Os elementos de $\underline{W}$ são inversamente relacionados com os valores esperados dos quadrados ou produtos vetoriais dos erros nas medições. Dessa forma, um erro pequeno para qualquer quantidade (por exemplo, PR_i) significa uma observação mais confiável e corresponde a um grande valor correspondente para $\underline{W}$. Isso

resultaria então no fato de a quantidade receber peso maior na combinação da estimativa de posição inicial com as medições de pseudodistância.

[00056] A pseudodistância PR_i para o i -ésimo satélite pode ser definida como:

$$PR_i = R_i + CB + SV_i + Tr_i + I_i + M_i + \eta_i, \quad \text{Eq (11)}$$

onde R_i é a distância verdadeira ou real da posição do terminal para o i -ésimo satélite;

CB representa o erro decorrente do tempo de referência;

SV_i representa todos os erros associados com o i -ésimo satélite;

Tr_i representa erros decorrentes da passagem do sinal SPS através da troposfera;

I_i representa erros decorrentes da passagem do sinal SPS através da ionosfera;

M_i representa o erro associado com o ambiente de propagação de sinal, que inclui múltiplos percursos; e

η_i representa o erro associado com o ruído de medição de receptor (ou ruído térmico).

A estimativa de erro V_{ii} incluiria então todos os erros na medição de pseudodistância para o i -ésimo satélite. A equação (10) assume que as medições de pseudodistância são mutuamente independentes. A derivação da matriz de ruído de medição $\underline{V}$ é conhecida na técnica e não é descrita em detalhes aqui.

[00057] Uma solução ponderada para o vetor de correção $\underline{x}$ pode então ser expressa como:

$$\underline{x} = (\underline{H}^T \underline{W} \underline{H})^{-1} \underline{H}^T \underline{W} \underline{r}, \quad \text{Eq. (12)}$$

onde $\underline{H}^T$ representa a transposição de $\underline{H}$.

[00058] A equação (9) ou (12) pode ser utilizada para se obter o vetor de correção $\underline{x}$. Esse vetor incluiria dois termos diferentes de zero para Δe e Δn . A estimativa de posição 2D revisada para o terminal pode então ser computada como:

$$\text{Long}_{\text{rev}} = \text{Long}_{\text{inic}} + \Delta e, \text{ e}$$

$$\text{Lat}_{\text{rev}} = \text{Lat}_{\text{inic}} + \Delta n. \quad \text{Eq. (13)}$$

O processo de combinação da estimativa de posição inicial com o SPS e/ou outras medições é descrito em maiores detalhes abaixo com referência às figuras 4A a 4D.

[00059] A figura 3B é um diagrama ilustrando outra situação operacional ilustrativa, na qual o método e o equipamento revelados podem ser utilizados para fornecer uma estimativa de posição mais precisa. Na figura 3B, o terminal 110 recebe dois sinais das estações base 120x e 120y. Esses dois sinais não são suficientes para derivar um ajuste de posição com base em rede (por exemplo, A-FLT). Uma solução de ID de célula ou de ID de célula melhorada pode ser derivada com base na localização da estação base designada como a estação base servidora do terminal, similar ao que foi descrito acima para a figura 3A. A estimativa de posição inicial para o terminal pode ser dada como Lat_{inic} e $\text{Long}_{\text{inic}}$.

[00060] Similar aos satélites SPS, a pseudodistância de cada estação base pode ser estimada com base no sinal recebido da estação base. Para um sistema CDMA, cada estação base recebe uma sequência de ruído pseudo-randômica (PN) com um desvio específico (ou momento inicial). Essa sequência PN é utilizada para espalhar de forma espectral os dados antes da transmissão da estação base. Cada estação base também transmite um piloto, que é simplesmente uma sequência de todos os uns (ou todos os zeros) que é

espalhada com a sequência PN designada. O sinal transmitido pela estação base é recebido no terminal e o momento de chegada do sinal pode ser determinado com base na fase da sequência PN utilizada para o espalhamento. Visto que o piloto é tipicamente processado para obter essa informação de fase PN, essa medição no terminal também é conhecida como uma medição de fase piloto. A medição de fase piloto é utilizada para estimar a quantidade de tempo que leva para o sinal percorrer da estação base para o terminal. Esse tempo de percurso pode ser convertido em uma pseudodistância similar à realizada para o satélite SPS. Uma medição de pseudodistância derivada de um sinal terrestre (por exemplo, uma medição de fase piloto) é denotada como PP para diferenciar a mesma de uma medição de pseudodistância derivada de um sinal SPS.

[00061] As equações linearizadas para o terminal com duas medições de pseudodistância para duas estações base podem ser expressas como:

$$\begin{bmatrix} \Delta PP_1 \\ \Delta PP_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad \text{Eq (14)}$$

Como ilustrado na equação (14), o terminal e as estações base são considerados como estando no mesmo plano de altitude e não existem termos $\partial/\partial u$ na matriz de observação. No entanto, dependendo da geometria relativa (por exemplo, o BTS pode estar em cima de um morro e o terminal pode estar em um vale), pode haver uma capacidade de observação na direção vertical para uma medição PP. Nesse caso, seria adequado se incluir termos derivativos parciais com relação a "para cima" (isto é, termos $\partial/\partial u$) nas duas primeiras

linhas da matriz de observação. A equação (14) ilustra que a computação do residual de pseudodistância Δ_{PP} para um sinal terrestre é similar à computação do residual de pseudodistância Δ_{PR} para um sinal SPS, que é ilustrado na equação (7). Um método alternativo para a computação da estimativa de posição é uma solução algébrica sem linearização.

[00062] O vetor de correção $\underline{x}$ pode então ser solucionado pela utilização da equação (9) ou (12) e incluiria dois termos diferentes de zero para Δ_e e Δ_n . A estimativa de posição revisada para o terminal (Lat_{rev} e $Long_{rev}$) pode então ser computada como ilustrado na equação (13).

[00063] A figura 3C é um diagrama ilustrando outra situação operacional ilustrativa onde o método e o equipamento revelados podem ser utilizados para fornecer uma estimativa de posição mais precisa. Na figura 3C, o terminal 110 recebe um sinal da estação base 120x e um sinal do satélite SPS 130x. Esses dois sinais não são suficientes para derivar um ajuste de posição híbrido. Uma solução de ID de célula ou de ID de célula melhorada pode ser derivada com base na localização da estação base 120x, como descrito acima para a figura 3A, para fornecer a estimativa de posição inicial (Lat_{inic} e $Long_{inic}$) para o terminal.

[00064] Uma pseudodistância PR_1 pode ser derivada com base no sinal do satélite SPS 130x e uma pseudodistância PP_1 pode ser derivada com base no sinal da estação base 120x. As equações linearizadas para o terminal, com duas medições de pseudodistância para um satélite e uma estação base, podem então ser expressas como:

$$\begin{bmatrix} \Delta PR_i \\ \Delta PP_i \\ \Delta H \\ \Delta CB \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad \text{Eq (15)}$$

[00065] O vetor de correção $\underline{x}$ pode então ser solucionado pela utilização da equação (9) ou (12) e incluiria dois termos diferentes de zero para Δe e Δn . A estimativa de posição revisada para o terminal (Lat_{rev} e Long_{rev}) pode então ser computada como ilustrado na equação (13).

[00066] Uma coordenada particular (dimensão) pode ser fixada ou restringida na derivação da estimativa de posição revisada. Por exemplo, se sinais de estações base forem utilizados para atualizar a estimativa de posição inicial, então a direção vertical pode não ser observável. Nesse caso, a coordenada de altitude na estimativa de posição revisada pode ser (1) fixada de modo que seja a mesma que aquela na estimativa de posição inicial (isto é, $\Delta H = 0$) ou (2) configurada para o nível predeterminado pela computação do residual de altitude predeterminada ΔH . A altitude pode ser restringida pela configuração adequada da matriz de observação, como se segue:

$$\begin{bmatrix} - \\ - \\ \Delta H \\ - \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ - & - & - & - \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix} \quad \text{Eq (16)}$$

[00067] Como ilustrado na equação (16), um elemento do vetor de medição e uma linha da matriz de observação são definidos de forma que ΔH , quando aplicado, leve a estimativa de altitude para o valor predeterminado (onde Δu pode ser levado para zero ou algum outro valor). A restrição de altitude pode ser aplicada automaticamente se

medições de estação base forem utilizadas para atualização. Se as medições de satélite e de estação base ou se apenas medições de satélite forem utilizadas para atualização, então a restrição de altitude pode ou não ser aplicada (isto é, ela é opcional). A restrição de altitude fornece efetivamente uma das medições para compensar uma das incógnitas no posicionamento tridimensional - altura. (A figura 3A, acredita-se, cobre esse caso). As figuras 4A a 4D são diagramas que ilustram de forma gráfica o processo de combinação da estimativa de posição inicial com SPS e/ou outras medições. Na figura 4A, a estimativa de posição 2-D inicial para o terminal é $X_{inic} = [Lat_{inic}, Long_{inic}]$ e possui uma incerteza definida por uma elipse de erro ilustrada por uma área sombreada 412 na figura 4A. A elipse de erro também pode ser representada por uma matriz de ruído de medição de co-variância, que pode ser expressa como:

$$\underline{V} = \begin{bmatrix} V_e & V_{en} \\ V_{ne} & V_n \end{bmatrix}, \quad \text{Eq (17)}$$

onde V_e é a variância do erro na estimativa de posição inicial na direção leste;

V_n é a variância do erro na estimativa de posição inicial na direção norte;

V_{en} é a correlação cruzada entre os erros leste e norte na estimativa de posição inicial; e

V_{ne} é a correlação cruzada entre os erros norte e leste na estimativa de posição inicial.

Por motivos de simplicidade, os termos de erro de correlação cruzada V_{en} e V_{ne} são considerados iguais a zero na figura 4A.

[00068] No exemplo como apresentado na figura 4A, onde a incerteza da posição inicial é representada com uma matriz de co-variância, a estimativa de posição inicial pode ser traduzida diretamente para equações de observação.

$$\begin{bmatrix} \Delta PR_1 \\ \Delta PP_1 \\ \Delta E \\ \Delta N \\ \Delta H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & \frac{\partial}{\partial u} & 1 \\ \frac{\partial}{\partial e} & \frac{\partial}{\partial n} & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix}, \quad \text{Eq (18)}$$

Aqui, as equações de medição derivadas dos sistemas de posicionamento de satélite e terrestre são ilustradas como uma medição SPS e uma medição de estação base, como na equação (15). Essas equações podem ser facilmente expandidas para qualquer número de medições SPS e de estação base (por exemplo, como na equação (14) e na equação (7)) pelos versados na técnica. Nesse exemplo, os valores de ΔE e ΔN são escolhidos para representar as estimativas de posição inicial com relação à posição terminal estimada, em torno da qual as equações foram linearizadas. No caso onde a posição inicial é a posição terminal estimada em um espaço bidimensional, esses valores podem ser configurados como 0 e 0, respectivamente.

[00069] Nesse caso, a matriz de co-variância e as matrizes de peso podem ser configuradas para representar a incerteza na localização inicial. Por exemplo, a matriz de co-variância pode ser configurada para:

$$\underline{\mathbf{V}} = \begin{bmatrix} V_{PR} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & V_{PP} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & V_e & V_{en} & 0 \\ 0 & 0 & V_{ne} & V_n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & V_h \end{bmatrix}, \quad \text{Eq (19)}$$

onde V_{PR} é a variância do erro para a medição de pseudodistância PR_1 para o primeiro satélite;

V_{pp} é a variância do erro para a medição de pseudodistância PP_1 para a medição de primeira estação base;

V_e , V_{en} , V_{ne} e V_n são configurados como na Equação (17) acima;

e V_h é configurado como na Equação (10) acima. A matriz de peso pode então ser calculada como o inverso da matriz de co-variância, e a solução de posição pode ser calculada como na Equação (12).

[00070] Em outra modalidade, a atualização de posição pode ser computada utilizando-se métodos de probabilidade máxima. Por exemplo, as equações de observação dos sistemas de posicionamento por satélite e/ou transmissores de estação base terrestre podem ser utilizadas para determinar a probabilidade de vários pontos de espaço de solução

$\begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta n \\ \Delta u \\ \Delta T \end{bmatrix}$). [Nota: Para legibilidade, seria melhor representar

o espaço de solução como um vetor horizontal - transposto do acima]. Adicionalmente, a posição inicial, incluindo informação sobre a posição leste, a posição norte podem ser utilizadas para refinar probabilidades em dados pontos hipotéticos que representam as localizações (posições) mais prováveis de um terminal em um espaço de solução. Uma matriz de covariância ou uma função de densidade de probabilidade mais geral podem ser utilizadas para determinar probabilidades em várias localizações no espaço de solução. O valor de altura (Δu) pode ser fixo ou restrito para determinar a posição de probabilidade máxima. O espaço de solução também pode ser buscado para probabilidades relativas para determinar uma estimativa de erro para a posição mais provável selecionada.

[00071] Uma linha de posição (LOP) 414 pode ser obtida para o terminal com base em uma medição de distância tal como uma medição SPS ou uma medição de estação base (ou alguma outra medição). A estimativa de posição inicial X_{inic} pode ser combinada com a linha de posição SPS, como descrito acima, para se obter uma estimativa de posição revisada (ou final) X_{rev} para o terminal. Essa estimativa de posição revisada teria uma incerteza (ou erro) que é representada por uma banda ao longo da linha 414. Essa banda não é ilustrada na figura 4A por simplicidade. A largura da banda depende da incerteza da medição de distância subjacente utilizada para se obter a LOP. A linha em banda é limitada pela incerteza inicial, que é a área sombreada 412 para a elipse de erro da estimativa de posição inicial.

[00072] Na figura 4B, a estimativa de posição inicial para o terminal é obtida a partir de uma solução de ID de célula, que é baseada no setor do BTS servidor para o terminal. A incerteza da estimativa de posição inicial pode então ter um formato que se aproxima da área de cobertura em forma de torta 422 do BTS (que também é referida como um setor de célula). Novamente, a estimativa de posição inicial X_{inic} pode ser combinada com a linha de posição SPS 424 para obter a estimativa de posição revisada X_{rev} para o terminal. Essa estimativa de posição revisada teria uma incerteza que é representada por uma banda ao longo da linha 424 limitada pela incerteza inicial, que é a área sombreada 422.

[00073] Na figura 4C, a estimativa de posição inicial X_{inic} para o terminal é obtida com base em uma solução de ID de célula melhorada, que é obtida com base no setor de BTS servidor 422 e no retardo de ida e volta (RTD) para esse BTS. O RTD pode ser obtido com base na medição de fase

piloto para o BTS. A estimativa de posição inicial X_{inic} teria então uma incerteza representada por uma banda 432. A largura dessa banda de incerteza depende da incerteza (ou erro) na medição do RTD. A estimativa de posição inicial X_{inic} pode ser combinada com a linha de posição SPS 434 para obter a estimativa de posição revisada X_{rev} para o terminal.

[00074] Na figura 4D, um RTD preciso para o BTS é obtido para o terminal. Isso resulta então em uma banda de incerteza mais estreita 442 para a estimativa de posição inicial X_{inic} . Consequentemente, uma estimativa de posição revisada mais precisa X_{rev} e uma incerteza reduzida podem ser obtidas para o terminal com base na estimativa de posição inicial X_{inic} e linha de posição SPS 444. Note-se que o RTD preciso também pode fornecer uma boa medição ΔCB para uma estimativa de tempo de referência precisa.

[00075] Na figura 4E, a estimativa de posição inicial X_{inic} para o terminal é obtida com base em uma solução de ID de célula melhorada. Nesse exemplo, a estimativa de posição inicial X_{inic} é combinada com duas linhas de posição SPS 452 e 454 para obter a estimativa de posição revisada X_{rev} para o terminal. A incerteza na estimativa de posição revisada depende, então, das incertezas nas duas linhas de posição SPS 452 e 454 e da estimativa de posição inicial.

[00076] Por clareza, os exemplos ilustrados nas figuras 3A a 3C e nas figuras 4B a 4D utilizam a técnica de ID de célula ou de ID de célula melhorada para fornecer a estimativa de posição inicial para o terminal. Em geral, a estimativa de posição inicial pode ser computada por qualquer técnica de determinação de posição disponível. Como um exemplo, a estimativa de posição inicial pode ser obtida pela combinação das soluções de ID de célula e de ID de célula melhorada obtidas para um número de estações base recebidas pelo terminal. Isso pode fornecer uma estimativa

de posição inicial mais precisa para o terminal visto que a informação referente a outras estações base recebida pelo terminal também é utilizada. Como outro exemplo, a estimativa de posição inicial pode ser obtida pela combinação de áreas de cobertura modeladas para um número de estações base recebidas pelo terminal. Essa área de cobertura com base na técnica de determinação de posição é descrita em maiores detalhes no pedido de patente U.S. No. de série [documento do advogado 020112], intitulado "Area Based Position Determination for Terminals in a Wireless Network," depositado em 24 de Outubro de 2002, cedido para o cessionário do presente pedido e incorporado aqui por referência. A estimativa de posição inicial também pode ser uma solução com base em rede derivada utilizando-se A-FLT.

[00077] Vários tipos de medições podem ser utilizados para derivar linhas de posição e consequentemente a estimativa de posição revisada para o terminal com base na estimativa de posição inicial. Em geral, as medições utilizadas para a atualização da estimativa de posição inicial devem ter uma precisão maior. Isto é, se um número suficiente dessas medições estivesse disponível para se obter uma estimativa de posição independente para o terminal, então aquela estimativa de posição independente seria mais precisa do que a estimativa de posição inicial. Dessa forma, se a estimativa de posição inicial for fornecida pela técnica de ID de célula, de ID de célula melhorada ou alguma outra técnica equivalente, então as medições para a estação base e/ou satélites podem ser utilizadas para atualização. Isso porque uma solução com base em rede (A-FLT) derivada apenas das medições de estação base, uma solução híbrida derivada das medições de satélite e da estação base, e uma solução SPS derivada de qualquer medição de satélite são todas normalmente mais

precisas do que as soluções de ID de célula e de ID de célula melhorada. Se a estimativa de posição inicial for uma solução com base em célula, então as medições de satélite podem ser utilizadas para atualização. Nos ambientes restritivos de sinal, um Sistema de Posicionamento de Área Local pode ser utilizado para gerar uma estimativa de posição inicial ou pode ser utilizado para atualizar a estimativa de posição inicial derivada de outra fonte.

[00078] O número de medições necessárias para atualização depende da estimativa de posição inicial e de um método de atualização. As figuras 4A a 4D ilustram como uma única medição LOP pode ser utilizada para revisar uma estimativa de posição inicial 2D. Mais do que o número mínimo necessário de medições também pode ser utilizado para atualizar a estimativa de posição inicial. Para alguns métodos de atualização, uma ou mais coordenadas (dimensões espaço/tempo) (por exemplo, altitude, tempo de referência) também podem ser fixas ou restringidas pela configuração adequada da matriz de observação como descrito acima. Nesse caso, menos medições seriam necessárias para a atualização. Para um método de atualização com base em LAPS, uma única medição pode ser utilizada.

[00079] A figura 5 é um fluxograma de um processo 200a para o fornecimento de uma estimativa de posição mais precisa para o terminal utilizando um conjunto parcial de medições. O processo 200a é uma modalidade específica do processo 200 ilustrado na figura 2 e é representado pela figura 4E. O processo 200a começa pela obtenção de uma estimativa de posição inicial para o terminal (por exemplo, com base em uma solução de ID de célula, uma solução de ID de célula melhorada ou alguma outra solução) (etapa 212a). Duas medições também são obtidas para dois transmissores,

cada um dos quais pode ser um satélite ou uma estação base (etapa 214a).

[00080] A estimativa de posição inicial é então atualizada com o conjunto parcial de medições para obter a estimativa de posição revisada para o terminal (etapa 216a). Para se realizar a atualização, um vetor de medição $\underline{r}$ é primeiro derivado com base na estimativa de posição inicial e nas medições (etapa 222). Dependendo dos tipos de medições utilizadas para atualização (por exemplo, SPS ou celular), o vetor de medição pode ser como ilustrado no lado esquerdo na equação (7), (14), (15) ou (18). Uma matriz de observação $\underline{H}$ é então formada para as medições (por exemplo, como ilustrado na equação (7), (14), (15) ou (18)) (etapa 224). Uma matriz de pesos $\underline{W}$ é determinada em seguida, como descrito acima (etapa 226). Um vetor de correção $\underline{x}$ é então obtido como ilustrado na equação (12) (etapa 228). A estimativa de posição inicial é então atualizada com o vetor de correção para obter a estimativa de posição revisada, como ilustrado na equação (13) (etapa 230). O processo então é encerrado.

[00081] Algumas das técnicas de determinação de posição descritas acima também podem ser vistas como um aumento da informação de domínio de posição (ou estado) com a informação de domínio de medição para um conjunto parcial de medições. Especificamente, o aumento descrito aqui pode ser utilizado para uma solução com base em ID de célula. Convencionalmente, o aumento da informação de domínio de estado com a informação de domínio de medição exige um conjunto completo de medições, que limita em muito as situações nas quais o aumento pode ser utilizado.

[00082] A figura 6 é um fluxograma de uma modalidade de um processo 600 para a combinação da informação de domínio de estado com a informação de domínio de medição para

fornecer uma estimativa de posição mais precisa para um terminal sem fio. Inicialmente, a informação de domínio de estado é obtida para o terminal (etapa 612). Essa informação de domínio de estado pode ser uma estimativa de posição inicial que pode ser derivada utilizando várias técnicas (por exemplo, técnica de ID de célula ou de ID de célula melhorada). A informação de domínio de medição é obtida também para o terminal (etapa 614). Essa informação de domínio de medição compreende um conjunto parcial de medições que não é suficiente para derivar um ajuste de posição independente de uma qualidade de serviço predeterminada, mas pode ser combinado com a informação de domínio de estado.

[00083] A informação de domínio de estado é então combinada com a informação de domínio de medição para obter uma estimativa de posição para o terminal possuindo uma precisão pelo menos tão boa quanto a do domínio de estado (etapa 616).

[00084] A figura 7 é um diagrama de blocos de uma modalidade de uma unidade receptora 700, que pode ser um componente de um terminal sem fio. A unidade receptora 700 pode ser projetada com a capacidade de processar sinais a partir de múltiplos sistemas de determinação de posição tal como o sistema de comunicação sem fio e SPS. Na modalidade ilustrada na figura 7, a unidade receptora 700 inclui uma antena 710, um receptor terrestre 712a, um receptor SPS 712b, uma unidade de processamento 716, uma unidade de memória 718 e um controlador 720.

[00085] A antena 710 recebe sinais de um número de transmissores (que podem ser qualquer combinação de satélites SPS e/ou estações base) e fornece o sinal recebido para os receptores terrestres e SPS 712a e 712b. O receptor terrestre 712a inclui um conjunto de circuito de

frond-end (por exemplo, um conjunto de circuitos de radiofrequência (RF) e/ou outro conjunto de circuitos de processamento) que processa os sinais transmitidos a partir das estações base para obter informação utilizada para a determinação de posição. Por exemplo, o receptor terrestre 712a pode medir a fase do piloto no sinal de link direto recebido de cada estação base para obter a informação de temporização (por exemplo, hora ou chegada). Essa informação de temporização pode, depois disso, ser utilizada para derivar uma pseudodistância para a estação base.

[00086] O receptor terrestre 712a pode implementar um receptor rake que é capaz de processar simultaneamente múltiplas ocorrências de sinal (ou componentes de múltiplos percursos) no sinal recebido. O receptor rake inclui um número de elementos de demodulação (frequentemente conhecidos como ramos ("fingers")), cada um dos quais pode ser designado para processar e rastrear um componente particular de múltiplos percursos. Apesar de múltiplos ramos poderem ser designados para processar múltiplos componentes de múltiplos percursos para uma dada estação base, apenas uma pseudodistância obtida para um componente de múltiplo percurso (por exemplo, o componente de múltiplos percursos que chegar primeiro ou o componente de múltiplos percursos mais forte) é tipicamente utilizado para a determinação de posição. Alternativamente, uma relação de temporização (ou de medição de distância) entre diferentes ramos pode ser estabelecida e mantida. Dessa forma, é possível se utilizar diferentes componentes de múltiplos percursos para uma dada estação base para a determinação de posição dependendo dos efeitos de desvanecimento e de múltiplos percursos.

[00087] A unidade receptora SPS 712b inclui um conjunto de circuitos de front-end que processa os sinais transmitidos a partir dos satélites SPS para obter informação utilizada para a determinação da posição. O processamento pelos receptores 712a e 712b para extrair a informação pertinente dos sinais SPS e terrestres é conhecido na técnica e não será descrito aqui em detalhes. Em uma modalidade, o processamento de sinal SPS pode ser realizado pela unidade receptora terrestre 712a. Os receptores 712a e 712b fornecem para a unidade de processamento 716 vários tipos de informação tal como, por exemplo, informação de temporização, características de sinal, as identidades e localizações dos transmissores cujos sinais são recebidos e assim por diante.

[00088] A unidade de processamento 716 pode obter uma estimativa de posição inicial para a unidade receptora 700 toda vez que solicitado. A unidade de processamento 716 também pode determinar um residual de pseudodistância para cada estação base e satélite a ser utilizado para atualizar a estimativa de posição inicial, como descrito acima. A unidade de processamento 716 pode, depois disso, atualizar a estimativa de posição inicial com base nos residuais de pseudodistância para obter uma estimativa de posição revisada para a unidade receptora.

[00089] A unidade de memória 718 armazena vários dados utilizados para a determinação da posição. Por exemplo, a unidade de memória 718 pode armazenar a informação para as localizações dos satélites SPS (que podem ser derivadas de Almanaque e/ou Efemérides transmitidos pelos satélites ou fornecidos pela fonte terrestre (por exemplo, rede sem fio)), as localizações das estações base (que podem ser fornecidas via sinalização) e os residuais de pseudodistância. A unidade de memória 718 também pode

armazenar códigos de programa e dados para a unidade de processamento 716.

[00090] O controlador 720 pode direcionar a operação da unidade de processamento 716. Por exemplo, o controlador 720 pode selecionar os tipos particulares de solução a serem computados (por exemplo, soluções com base em SPS, com base em rede, híbrida, com base em célula, LAPS, segurança de rede, e outras soluções combinadas), o algoritmo particular a ser utilizado (se mais de um estiver disponível) e assim por diante.

[00091] Apesar de não ser ilustrado na figura 7, a unidade receptora 700 pode se comunicar com um servidor de localização 140 (ver figura 1), que pode auxiliar na determinação da estimativa de posição do terminal. O servidor de localização pode realizar as computações para derivar a estimativa de posição ou pode fornecer certa informação utilizada para (1) adquirir medições de satélite e/ou estação base (por exemplo, assistência de aquisição, assistência de temporização, informação referente à localização dos satélites SPS e/ou estações base e assim por diante) e/ou (2) determinar a estimativa de posição revisada. Para as modalidades nas quais o servidor de localização realiza a determinação de posição, as medições subjacentes de vários sistemas de posicionamento e a estimativa de posição inicial são comunicadas para o servidor de localização (por exemplo, via links com e/ou sem fio). Um exemplo de tal servidor de localização é descrito na patente U.S. No. de Série 6,208,290, que é incorporada aqui por referência.

[00092] O método e o equipamento descritos aqui podem ser utilizados em conjunto com várias redes e sistemas de comunicação sem fio. Por exemplo, o método e o equipamento descritos podem ser utilizados para sistemas CDMA, de

acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA), de acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA) e outros sistemas de comunicação sem fio. Esses sistemas podem implementar um ou mais padrões aplicáveis. Por exemplo, os sistemas CDMA podem implementar IS-95, cdma2000, IS-856, W-CDMA e assim por diante. Os sistemas TDMA podem implementar GSM, GPRS e assim por diante. Esses vários padrões são conhecidos na técnica e incorporados aqui por referência. Os outros sistemas de comunicação sem fio incluem sistemas sem fio não celulares tais como, por exemplo, sistemas IEEE 802.11, sistemas Bluetooth e redes de área local sem fio (WLANs).

[00093] O método e o equipamento descritos aqui podem ser utilizados com vários sistemas de posicionamento por satélite (SPS), tal como o Sistema de Posicionamento Global Norte-Americano (GPS), o sistema Glonass Russo, e o sistema Galileo Europeu. Adicionalmente, o método e o equipamento descritos podem ser utilizados com sistemas de determinação de posicionamento que utilizam pseudolites ou uma combinação de satélites e pseudolites. Os pseudolites são transmissores de base terrestre que difundem um código PN ou outro código de medição de distância (similar a um sinal celular GPS ou CDMA) modulado em um sinal transportador de banda L (ou outra frequência) que pode ser sincronizado com o tempo GPS. Cada transmissor desses pode receber um código PN singular de forma a permitir a identificação por um receptor remoto. Pseudolites são úteis em situações nas quais os sinais GPS de um satélite em órbita podem estar indisponíveis, tal como em túneis, minas, edifícios, vales urbanos ou outras áreas fechadas. Outra implementação de pseudolites é conhecida como sinalizadores de rádio ("radio beacons"). O termo "satélite" como utilizado aqui deve incluir pseudolites, equivalentes a pseudolites e possivelmente outros. O termo "sinais SPS" como utilizado

aqui deve incluir sinais tipo SPS de pseudolites ou equivalentes a pseudolites. O termo "estação base" como utilizado aqui deve incluir pontos de acesso celular, sem fio, LAN, WAN, LAPS, Bluetooth, 802.11 e outras fontes de sinais terrestres.

[00094] O método e o equipamento descritos aqui podem ser implementados por vários dispositivos, tal como em hardware, software ou uma combinação dos mesmos. Para uma implementação de hardware, o método e o equipamento podem ser implementados dentro de um ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASIC), processadores de sinal digital (DSPs), dispositivos de processamento de sinal digital (DSPDs), dispositivos lógicos programáveis (PLDs), conjuntos de porta programável em campo (FPGAs), processadores, controladores, microcontroladores, microprocessadores, outras unidades eletrônicas projetadas para realizar as funções descritas aqui ou uma combinação dos mesmos.

[00095] Para uma implementação de software, o método revelado pode ser implementado com módulos (por exemplo, procedimentos, funções e assim por diante) que realizam as funções descritas aqui. Os códigos de software podem ser armazenados em uma unidade de memória (por exemplo, memória 718 na figura 7) e executados por um processador (por exemplo, unidade de processamento 716 ou controlador 720). A unidade de memória pode ser implementada dentro do processador ou fora do processador, caso no qual pode ser acoplada de forma comunicativa com o processador através de vários dispositivos como é conhecido na técnica.

[00096] A descrição anterior das modalidades reveladas é fornecida para permitir que qualquer pessoa versada na técnica crie ou faça uso da presente invenção. Várias modificações a essas modalidades serão prontamente

aparentes aos versados na técnica e os princípios gerais definidos aqui podem ser aplicados a outras modalidades sem se distanciar do espírito e escopo da invenção. Dessa forma, a presente invenção não deve ser limitada às modalidades ilustradas aqui, mas deve ser acordado o escopo mais amplo consistente com os princípios e novas características descritos aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de determinação de uma estimativa de posição para um terminal sem fio (110), caracterizado pelo fato de que compreende:

obter (212) uma estimativa de posição inicial para o terminal (110) utilizando um primeiro esquema de determinação de posição com base pelo menos em parte em um ou mais sinais de um primeiro sistema de comunicação sem fio;

obter (214) um conjunto de uma ou mais medições utilizando pelo menos um esquema de determinação de posição adicional com base em pelo menos um sinal de pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional que é diferente do primeiro sistema de comunicação sem fio; e

atualizar (216) a estimativa de posição inicial com base no conjunto de uma ou mais medições,

em que o conjunto de uma ou mais medições é um conjunto parcial de uma ou mais medições que é insuficiente para derivar de forma independente a estimativa de posição para o terminal com um nível limite de precisão utilizando o pelo menos um esquema de determinação adicional; ou

em que o conjunto de uma ou mais medições é um conjunto completo de uma ou mais medições que é suficiente para derivar de forma independente a estimativa de posição para o terminal com o nível limite de precisão utilizando o pelo menos um esquema de determinação adicional.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conjunto de uma ou mais medições é o conjunto parcial de uma ou mais medições que é insuficiente para derivar a estimativa de posição para o terminal com o nível limite de precisão utilizando pelo menos um esquema de determinação adicional.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conjunto de uma ou mais medições é o conjunto completo de uma ou mais medições que é suficiente para derivar de forma independente a estimativa de posição para o terminal com o nível limite de precisão utilizando o pelo menos um esquema de determinação adicional.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a atualização compreende ponderar o conjunto de uma ou mais medições com base em um grau de erro esperado, e em que um grau ao qual a estimativa de posição inicial é ajustada durante a atualização é baseado na ponderação.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o primeiro sistema de comunicação sem fio corresponde a um sistema de comunicação celular ou um Sistema de Posicionamento por Área Local (LAPS).

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o primeiro esquema de determinação de posição corresponde a um esquema de determinação de posição baseado em Wi-Fi, um esquema de determinação de posição baseado em Bluetooth, esquema de determinação de posição baseado em largura de banda ultra-larga (UWB), esquema de determinação de posição por ID de célula, um esquema de determinação da posição por ID de célula aprimorado, um esquema de determinação de posição baseado em LAPS, um esquema de determinação de posição por trilateração de link direto avançada (A-FLT), um esquema de determinação de posição por Tempo de Chegada de Uplink (U-TOA) ou Diferença de Tempo de Chegada de Uplink (U-TDOA), um esquema de determinação de posição por Diferença de Tempo Observada Melhorada (E-OTD), e/ou um esquema de

determinação de posição por Diferença de Tempo de Chegada Observada (OTDOA).

7. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o primeiro sistema de comunicação sem fio corresponde ao LAPS.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o LAPS é uma rede de área local sem fio (WLAN) ou um sistema de comunicação WiFi.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um sistema de comunicação sem fio compreende um sistema de posicionamento por satélite (SPS).

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o conjunto de uma ou mais medições compreende uma ou mais medições de pseudodistância para um ou mais transmissores de satélite ou pseudolite.

11. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um sistema de comunicações sem fio adicional compreende o sistema de comunicação celular.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o conjunto de uma ou mais medições compreende pelo menos uma medição de uma diferença de tempo de chegada observado (OTDOA) para o pelo menos um sinal.

13. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o primeiro sistema de comunicação sem fio corresponde ao sistema de comunicação celular.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a estimativa de posição inicial é obtida com base nos um ou mais sinais do sistema de comunicação celular utilizando um esquema de

determinação de posição por ID de célula ou esquema de determinação de posição por Id de célula aprimorado.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um sistema de comunicações sem fio adicional compreende o LAPS.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o LAPS é uma rede de área local sem fio (WLAN) ou um sistema de comunicação WiFi.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o conjunto de uma ou mais medições compreende um conjunto de uma ou mais medições de tempo de ida e volta (RTT) baseadas em Wi-Fi ou baseadas em WLAN medidas utilizando o pelo menos um sinal do sistema de comunicação WLAN ou WiFi.

18. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um esquema de determinação de posição adicional compreende um esquema de determinação de posição de Sistema de Posicionamento de Satélite (SPS), um esquema de determinação de posição de Sistema de Posicionamento de área local (LAPS), um esquema de determinação de posição por trilateração de link direto avançada (A-FLT), um esquema de determinação de posição SPS+A-FLT híbrido, um esquema de determinação de posição por Tempo de Chegada de Uplink (U-TOA) ou Diferença de Tempo de Chegada de Uplink (U-TDOA), um esquema de determinação de posição por Diferença de Tempo Observada Melhorada (E-OTD), e/ou um esquema de determinação de posição por Diferença de Tempo de Chegada Observada (OTDOA).

19. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um sistema de comunicações sem fio adicional compreende um sistema de

comunicação celular, um Sistema de Posicionamento por Área Local (LAPS) e/ou um sistema de comunicação por satélite.

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o conjunto de uma ou mais medições compreende uma medição baseada em LAPS e uma medição baseada em celular.

21. Método, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que a medição baseada em celular é uma medição de uma diferença Tempo de Chegada observada (OTDOA).

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o LAPS é um sistema de comunicação por rede de área local sem fio (WLAN) ou Wi-Fi.

23. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que a medição baseada em LAPS é uma medição de tempo de ida e volta (RTT) baseada em Wi-Fi ou baseada em WLAN.

24. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

a estimativa da posição inicial é uma melhor estimativa da posição disponível que é derivado de forma independente por meio de qualquer esquema de determinação de posição disponível, e

o conjunto de uma ou mais medições utilizadas para atualizar a estimativa da posição inicial é obtido em conjunto com uma tentativa anterior para derivar de forma independente a estimativa de posição do terminal sem fio por pelo menos um esquema de determinação de posição adicional.

25. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o nível limite de precisão é estabelecido com base em um requerimento de precisão de aplicação específica para a estimativa de posição.

26. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o nível limite de precisão é estabelecido com base em um requerimento de precisão de aplicação específica para a estimativa de posição.

27. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um sistema de comunicações sem fio adicional compreende um único sistema de comunicação sem fio.

28. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um sistema de comunicações sem fio adicional compreende múltiplos sistemas de comunicação sem fio adicionais.

29. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um esquema de determinação de posição adicional é associado a estimativas de posição de precisão mais elevada, em comparação com o primeiro esquema de determinação de posição.

30. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a atualização ajusta um componente de latitude, um componente de longitude e/ou um componente de altitude associado à estimativa da posição inicial com base no conjunto de uma ou mais medições.

31. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conjunto de uma ou mais medições compreende pelo menos uma medição de variação para um transmissor.

32. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conjunto de uma ou mais medições compreende pelo menos duas medições de variação para diferentes transmissores.

33. Método, de acordo com a reivindicação 32, caracterizado pelo fato de que as pelo menos duas medições de variação compreendem pelo menos uma medição de variação

terrestre para pelo menos um transmissor terrestre e pelo menos uma medição de variação de satélite para pelo menos um transmissor de satélite ou pseudolite.

34. Meio legível por computador para determinar uma estimativa de posição para um terminal sem fio caracterizado pelo fato de que compreende:

código para obter uma estimativa de posição inicial para o terminal utilizando um primeiro esquema de determinação de posição com base pelo menos em parte em um ou mais sinais de um primeiro sistema de comunicação sem fio;

código para obter um conjunto de uma ou mais medições utilizando pelo menos um esquema de determinação de posição adicional com base em pelo menos um sinal de pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional que é diferente do primeiro sistema de comunicação sem fio;

código para atualizar a estimativa de posição inicial com base no conjunto de uma ou mais medições,

em que o conjunto de uma ou mais medições é um conjunto parcial de uma ou mais medições que é insuficiente para derivar de forma independente a estimativa de posição para o terminal com um nível limite de precisão utilizando o pelo menos um esquema de determinação adicional, ou

em que o conjunto de uma ou mais medições é um conjunto completo de uma ou mais medições que é suficiente para derivar de forma independente a estimativa de posição para o terminal com o nível limite de precisão utilizando o pelo menos um esquema de determinação adicional; e

um meio utilizável por computador para armazenamento dos códigos.

35. Meio legível por computador, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o primeiro

sistema de comunicação sem fio corresponde a um sistema de comunicação celular; e

em que o pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional compreende um Sistema de Posicionamento de Área Local (LAPS) e/ou um sistema de posicionamento por satélite (SPS).

36. Meio legível por computador, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o primeiro sistema de comunicação sem fio corresponde a um Sistema de Posicionamento de Área Local (LAPS); e

em que o pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional compreende um sistema de comunicação celular e/ou um sistema de posicionamento por satélite (SPS).

37. Unidade receptora (700) em um sistema de comunicação sem fio, caracterizada pelo fato de que compreende:

um primeiro receptor (712b) operativo para receber e processar um sinal recebido para fornecer dados para um primeiro sistema de comunicação sem fio;

um segundo receptor (712a) operativo para receber e processar o sinal recebido para fornecer dados para pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional que é diferente do primeiro sistema de comunicação sem fio; e

uma unidade de processamento (716) acoplada aos primeiro e segundo receptores e operativa para:

obter uma estimativa de posição inicial para a unidade receptora (700) utilizando um primeiro esquema de determinação de posição com base pelo menos em parte em um ou mais sinais do primeiro sistema de comunicação sem fio;

obter um conjunto de uma ou mais medições utilizando pelo menos um esquema de determinação de posição adicional com base em pelo menos um sinal do pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional; e

atualizar a estimativa de posição inicial com base no conjunto de uma ou mais medições;

em que o conjunto de uma ou mais medições é um conjunto parcial de uma ou mais medições que é insuficiente para derivar de forma independente a estimativa de posição para a unidade receptora com um nível limite de precisão utilizando o pelo menos um esquema de determinação adicional, ou

em que o conjunto de uma ou mais medições é um conjunto completo de uma ou mais medições que é suficiente para derivar de forma independente a estimativa de posição para a unidade receptora com o nível limite de precisão utilizando o pelo menos um esquema de determinação adicional

38. Unidade receptora, de acordo com a reivindicação 37, caracterizada pelo fato de que o primeiro sistema de comunicação sem fio corresponde a um sistema de comunicação celular; e

em que o pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional compreende um Sistema de Posicionamento de Área Local (LAPS) ou um sistema de posicionamento por satélite (SPS).

39. Unidade receptora, de acordo com a reivindicação 38, caracterizada pelo fato de que o primeiro sistema de comunicação sem fio corresponde a um Sistema de Posicionamento de Área Local (LAPS); e

em que o pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional compreende um sistema de comunicação celular e/ou um sistema de posicionamento por satélite (SPS).

40. Equipamento operável para determinar uma estimativa de posição para um terminal sem fio, caracterizado pelo fato de que compreende:

dispositivos para obter uma estimativa de posição inicial para o terminal utilizando um primeiro esquema de determinação de posição com base pelo menos em parte em um ou mais sinais de um primeiro sistema de comunicação sem fio;

dispositivos para obter um conjunto de uma ou mais medições utilizando pelo menos um esquema de determinação de posição adicional com base em pelo menos um sinal de pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional que é diferente do primeiro sistema de comunicação sem fio;

dispositivos para atualizar a estimativa de posição inicial com base no conjunto de uma ou mais medições,

em que o conjunto de uma ou mais medições é um conjunto parcial de uma ou mais medições que é insuficiente para derivar de forma independente a estimativa de posição para o terminal com um nível limite de precisão utilizando o pelo menos um esquema de determinação adicional, ou

em que o conjunto de uma ou mais medições é um conjunto completo de uma ou mais medições que é suficiente para derivar de forma independente a estimativa de posição para o terminal com o nível limite de precisão utilizando o pelo menos um esquema de determinação adicional.

41. Equipamento, de acordo com a reivindicação 40, caracterizado pelo fato de que o primeiro sistema de comunicação sem fio corresponde a um sistema de comunicação celular, e

em que o pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional compreende um Sistema de Posicionamento de Área Local (LAPS) e/ou um sistema de posicionamento por satélite (SPS).

42. Equipamento, de acordo com a reivindicação 40, caracterizado pelo fato de que o primeiro sistema de comunicação sem fio corresponde a um Sistema de Posicionamento de Área Local (LAPS); e

em que o pelo menos um sistema de comunicação sem fio adicional compreende um sistema de comunicação celular e/ou um sistema de posicionamento por satélite (SPS).

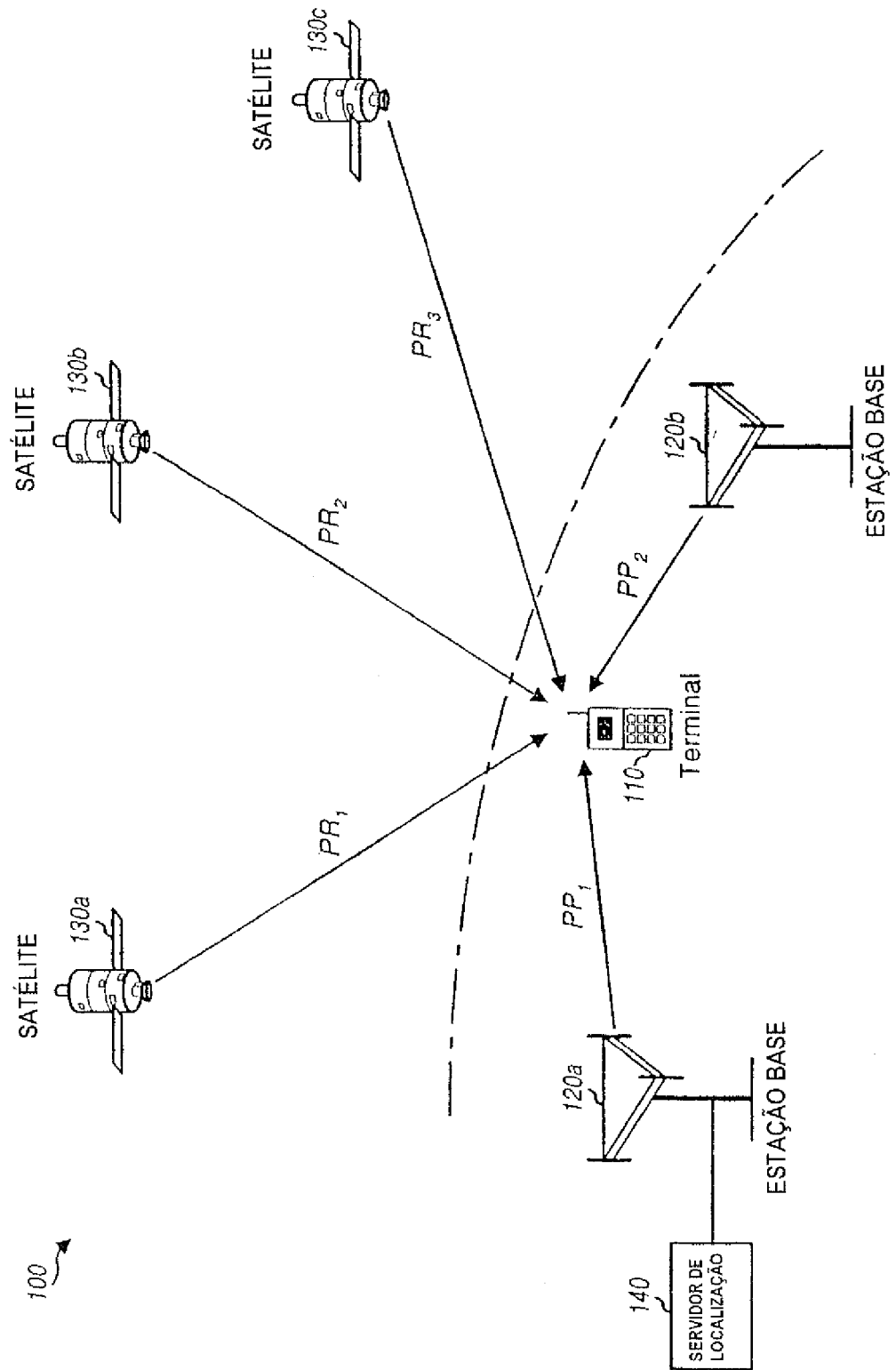


FIG. 1

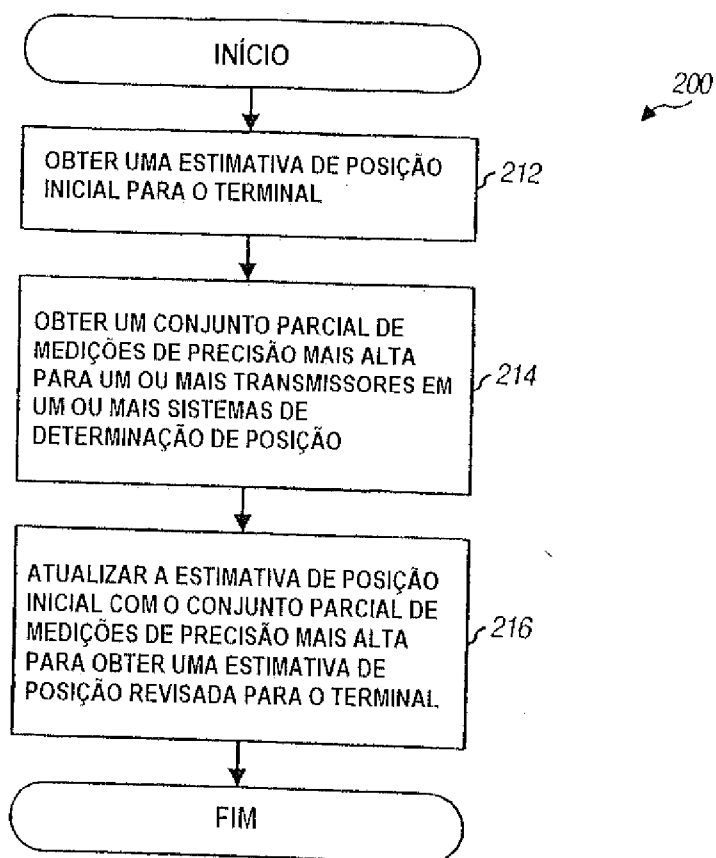


FIG. 2

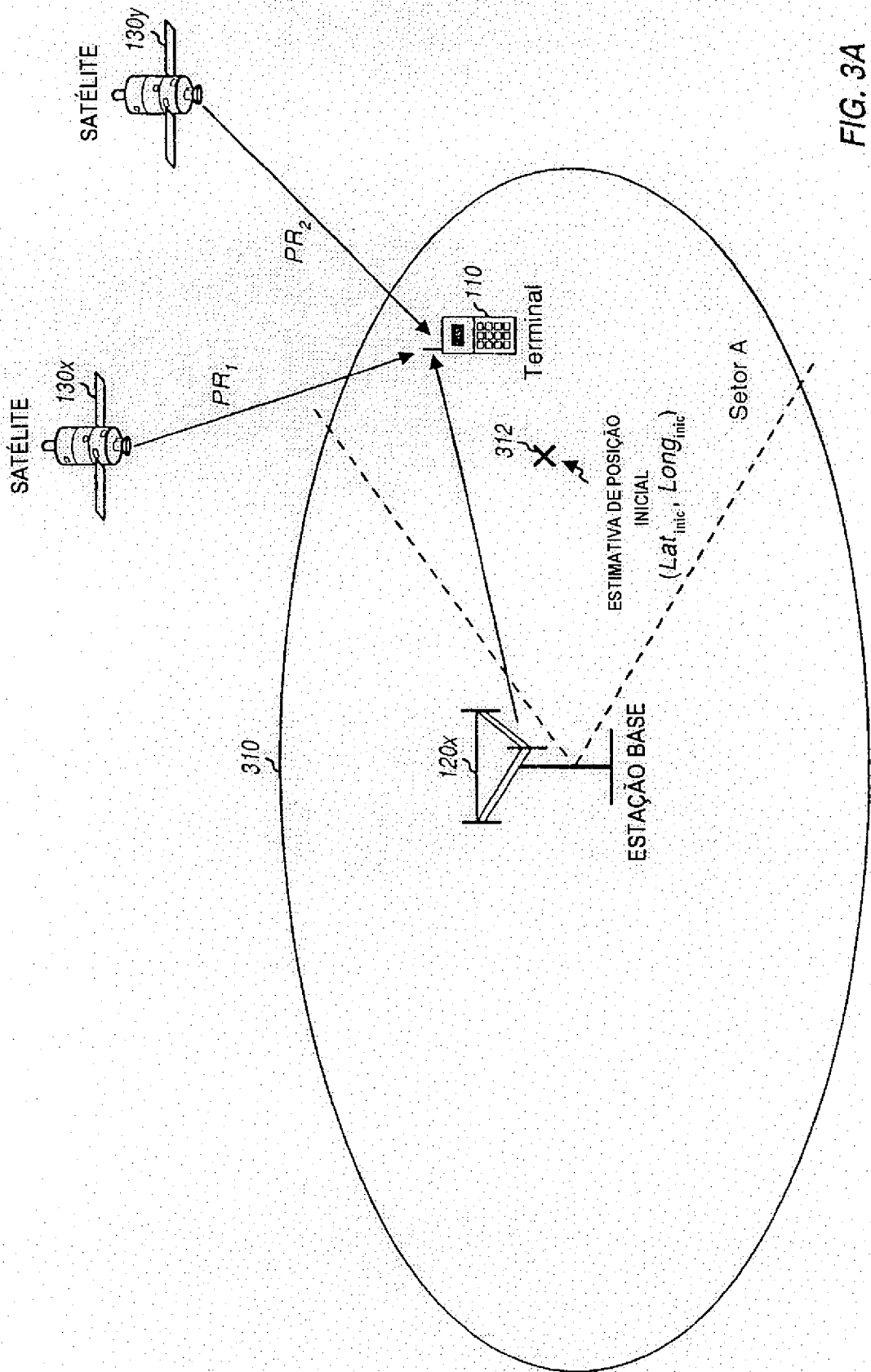


FIG. 3A

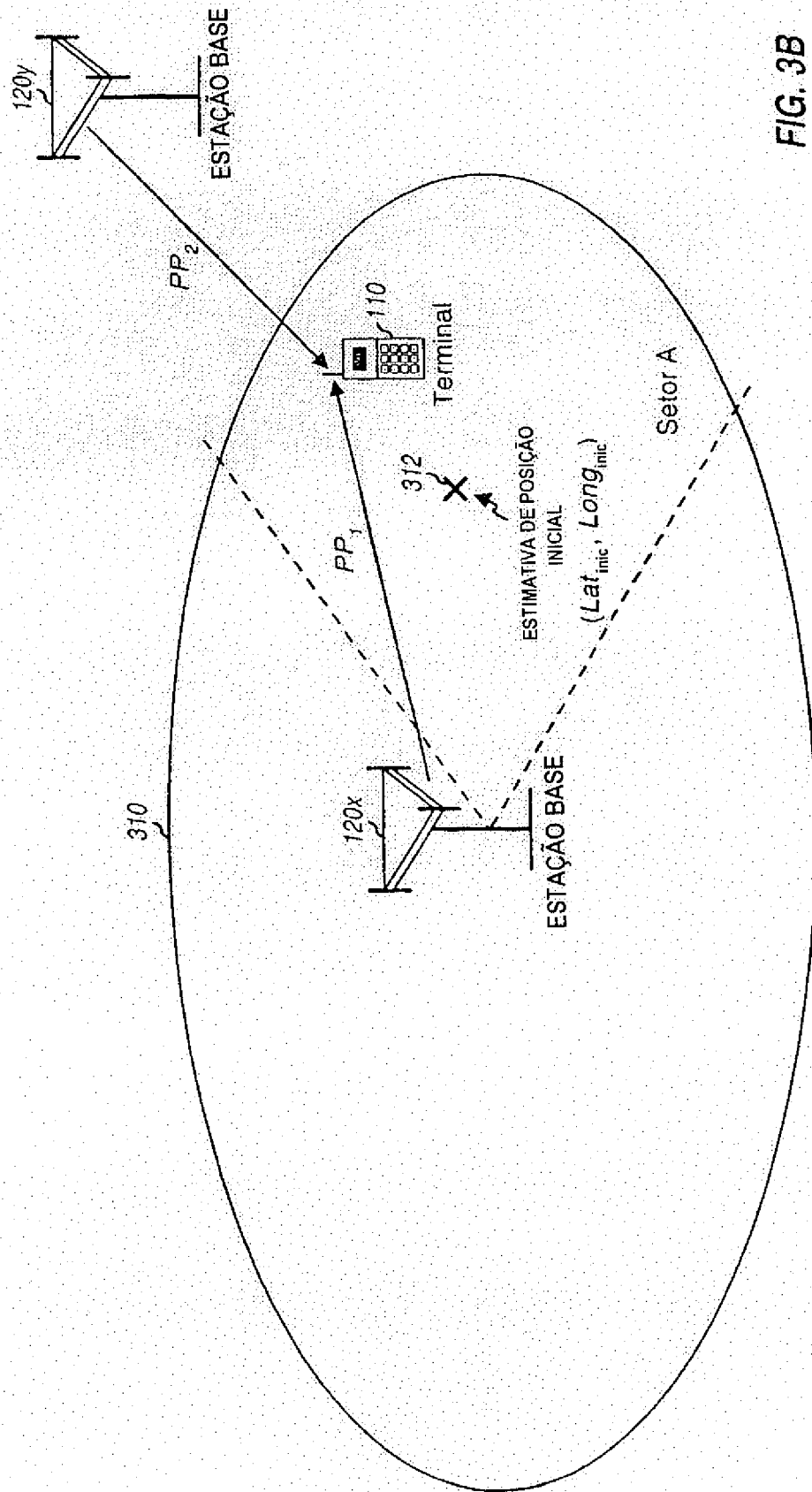
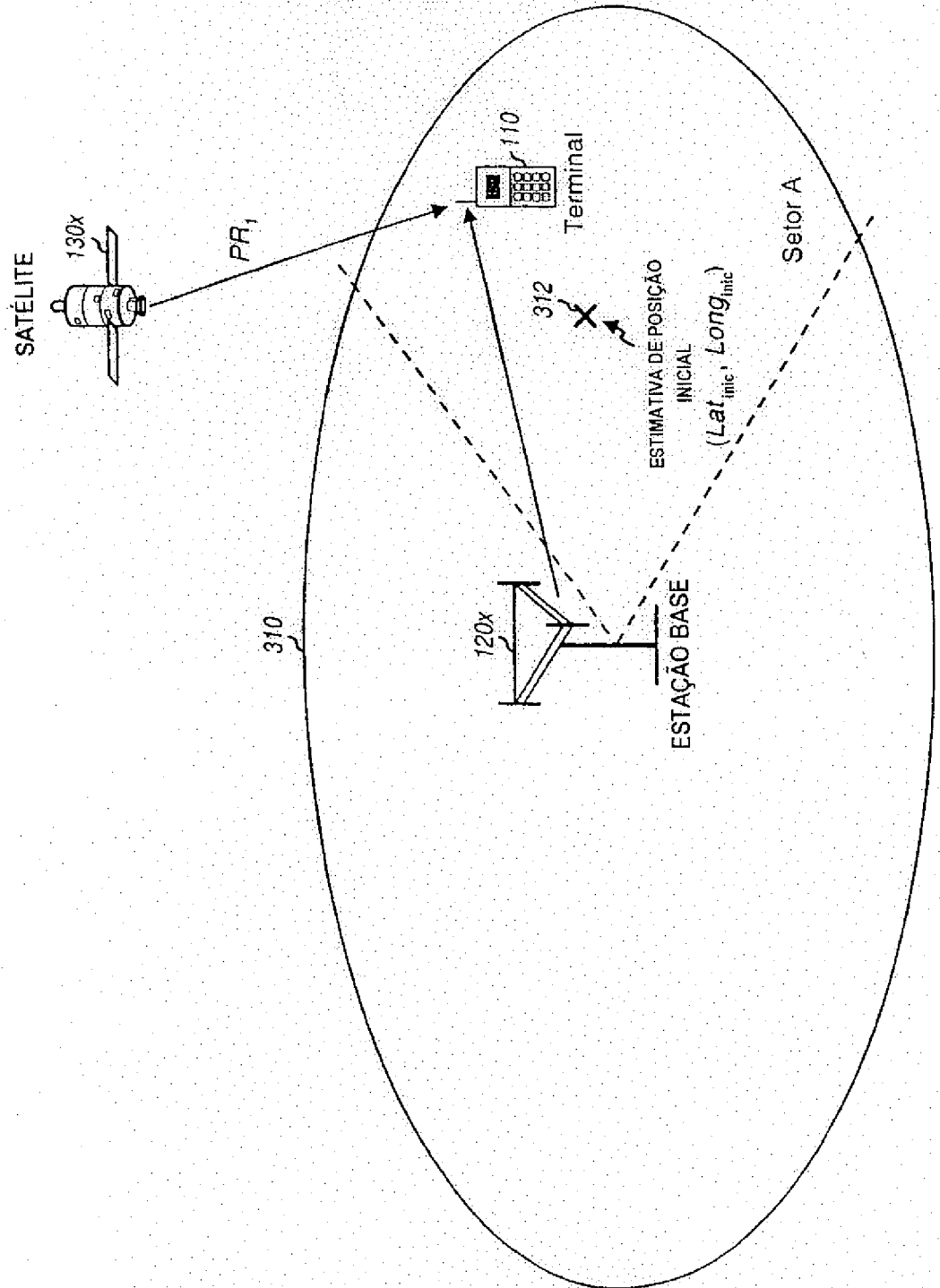


FIG. 3B



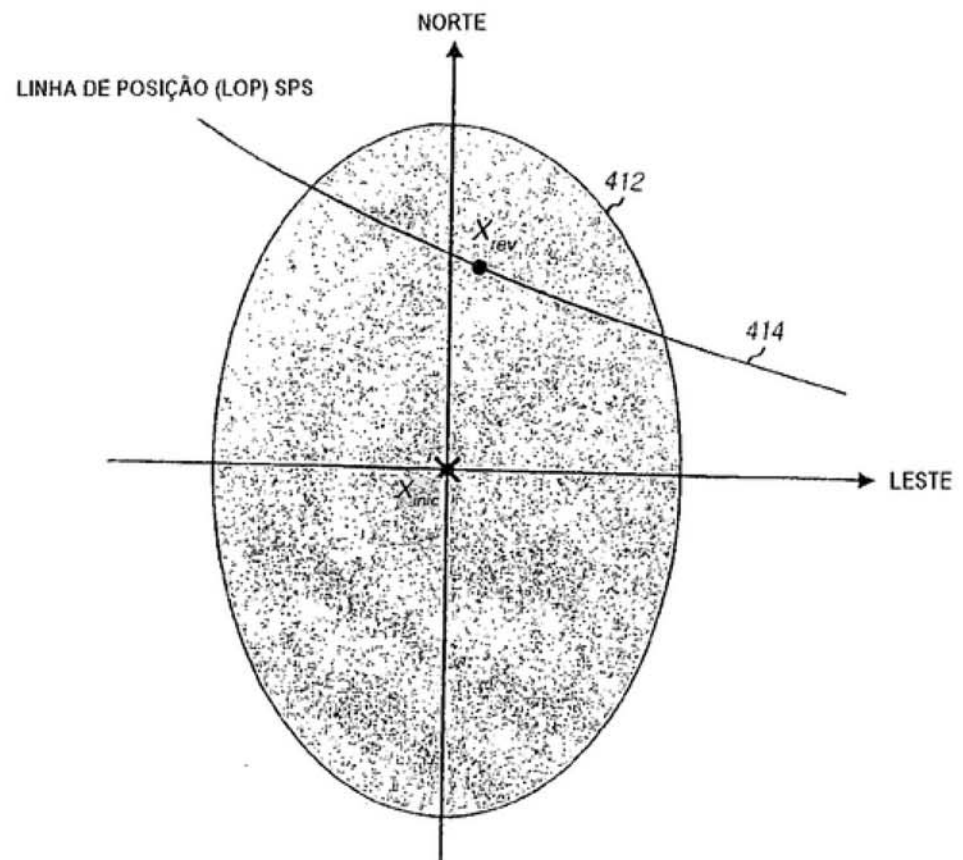


FIG. 4A

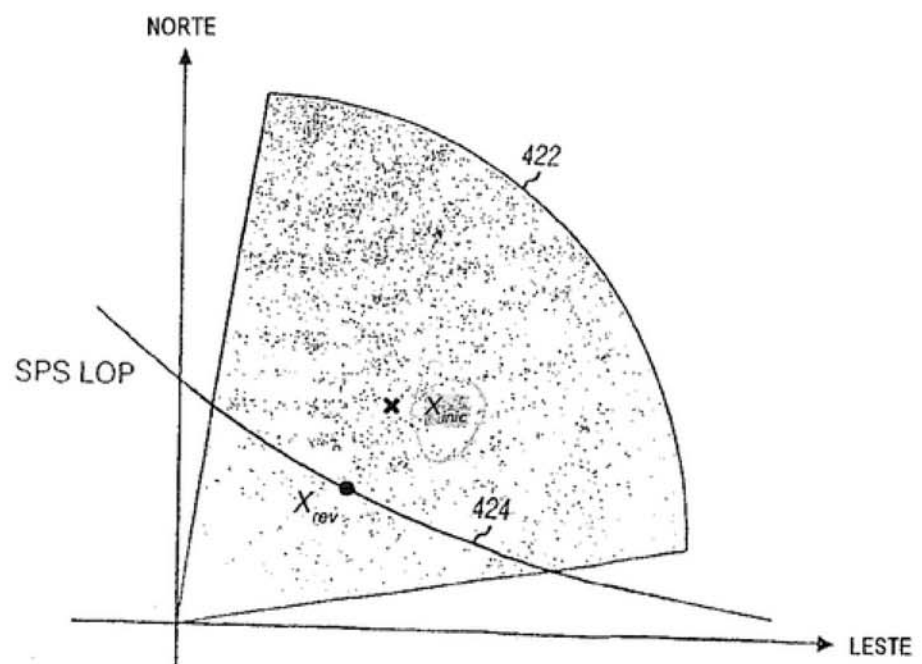


FIG. 4B

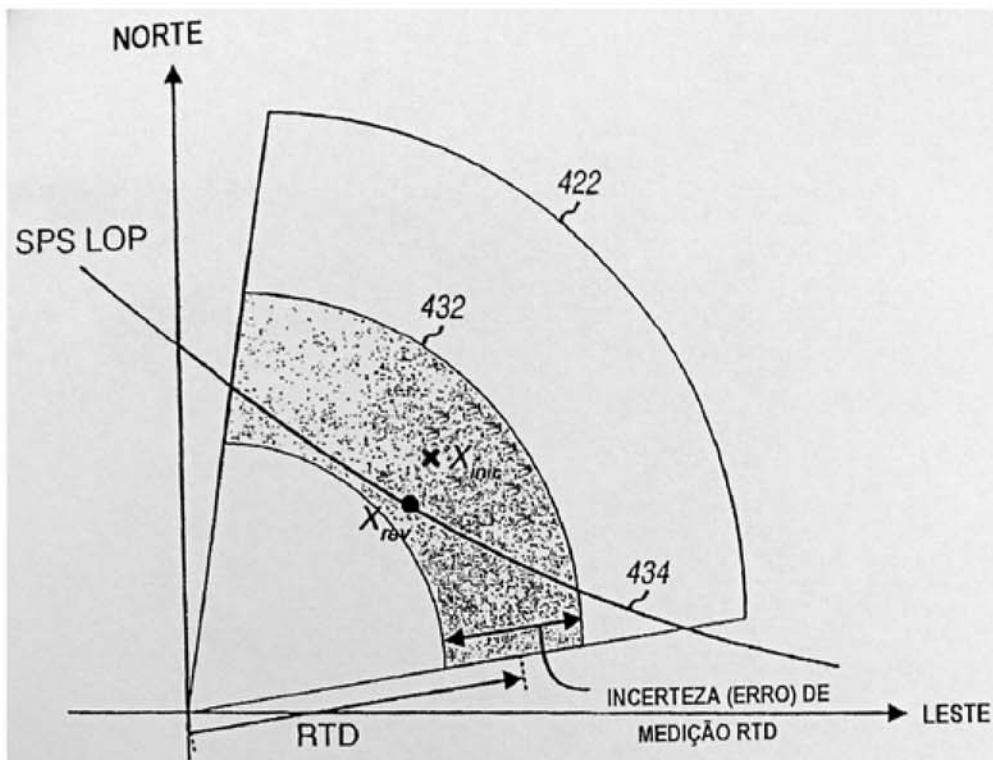


FIG. 4C

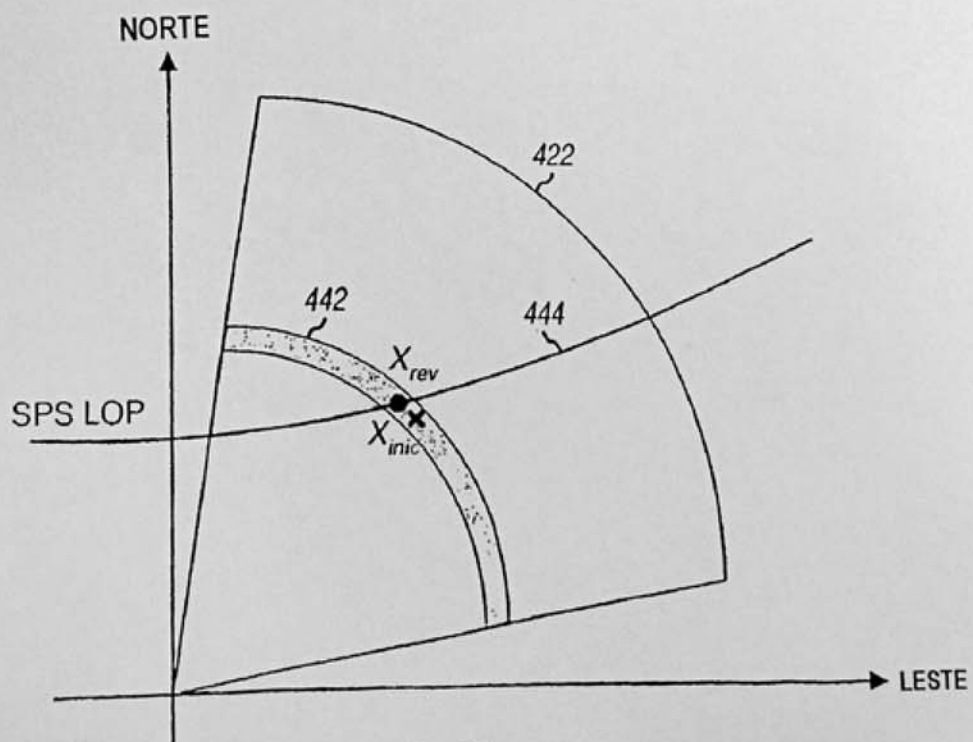
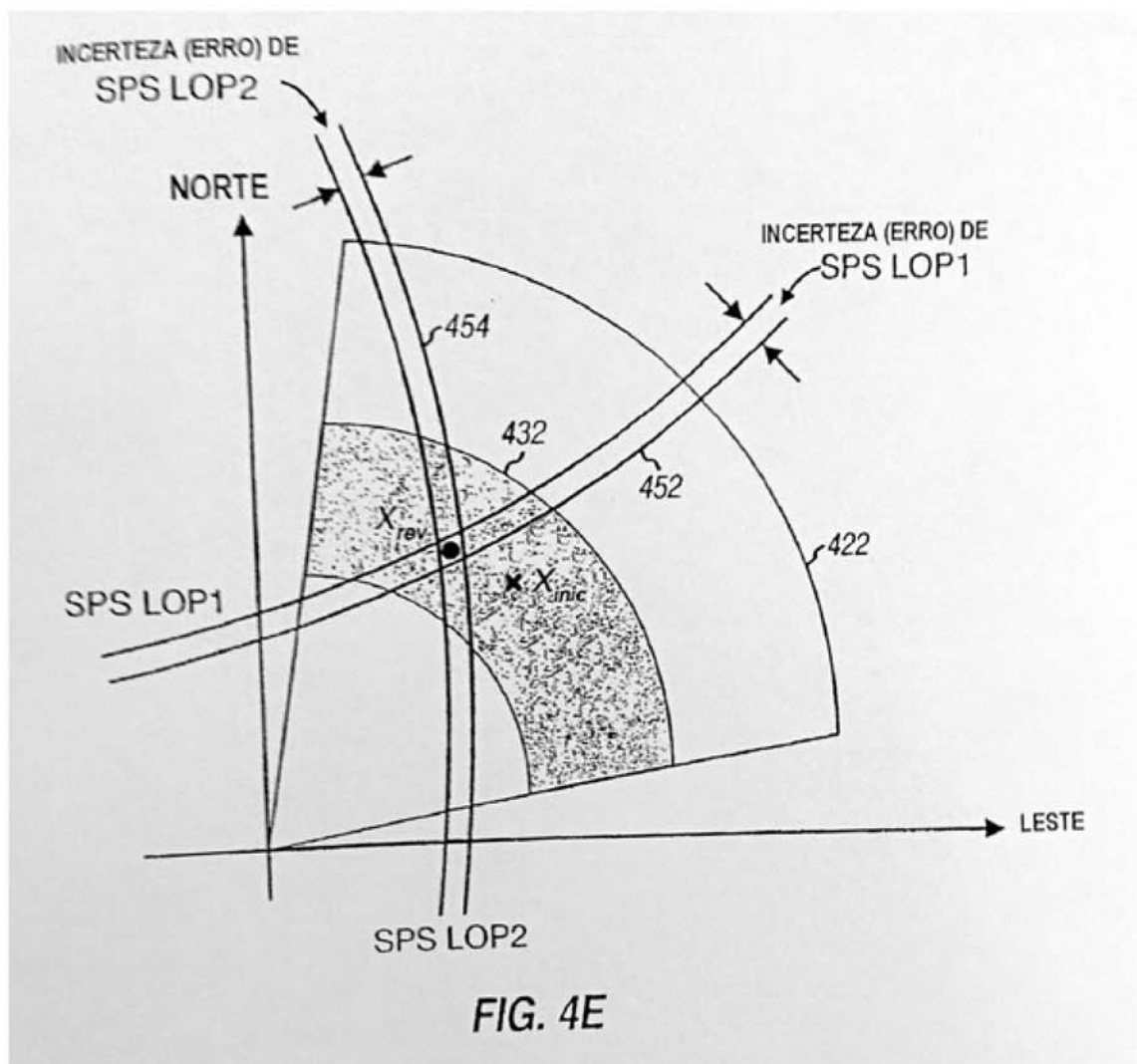


FIG. 4D



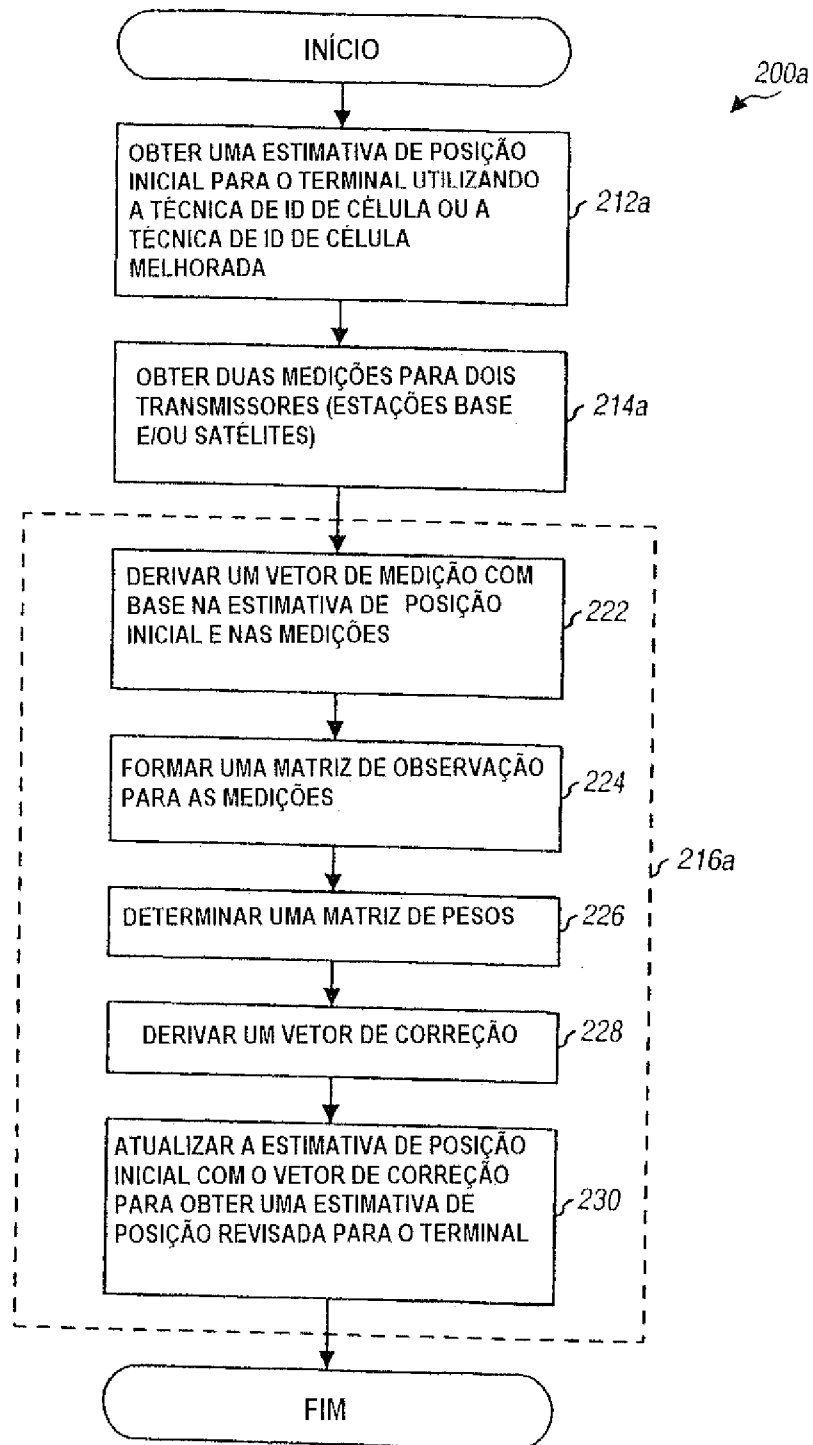


FIG. 5

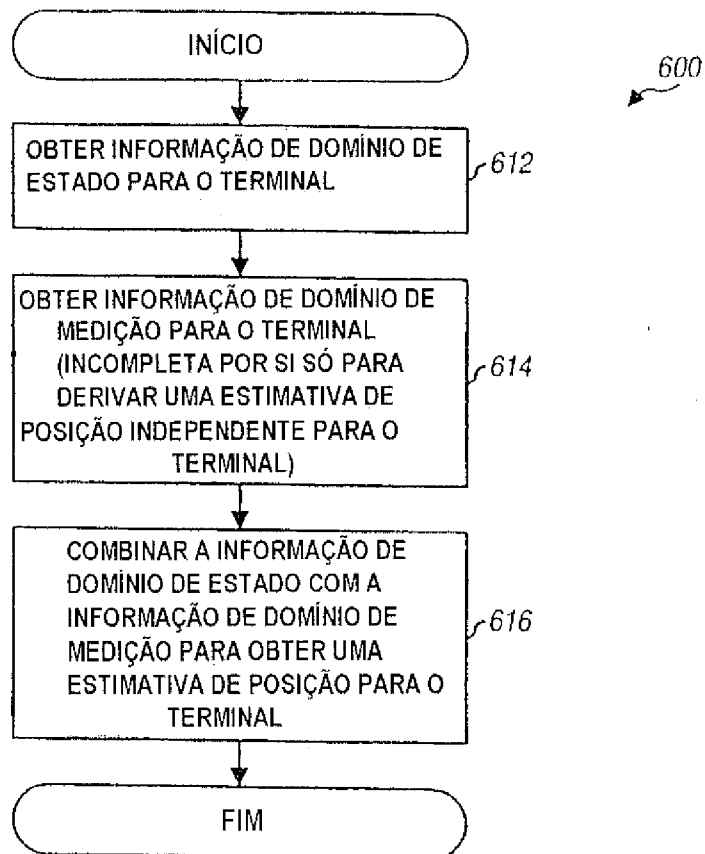


FIG. 6

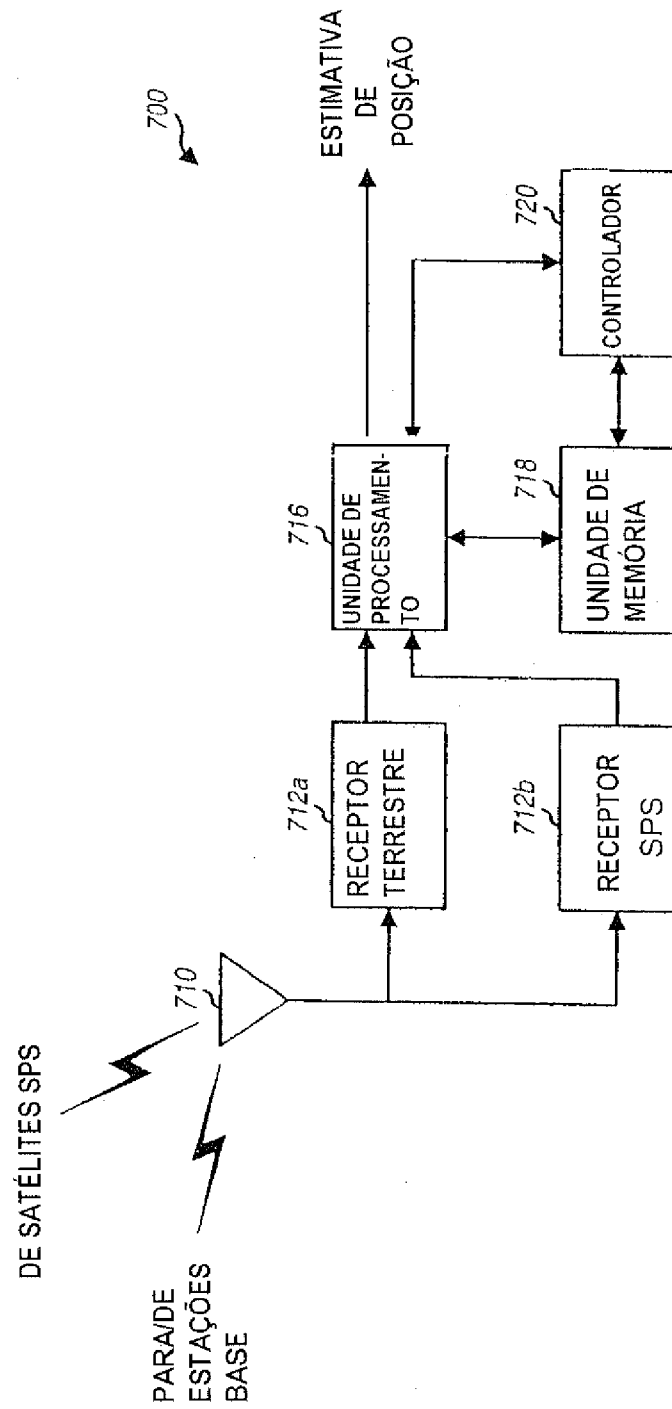


FIG. 7