



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

(21) **PI0710478-2 A2**

(22) Data de Depósito: 31/01/2007
(43) Data da Publicação: 16/08/2011
(RPI 2119)



(51) *Int.Cl.:*
G01S 5/14 2010.01

(54) Título: **MÉTODO PARA POSICIONAR OU NAVEGAR UM OBJETO ASSOCIADO COM AMBOS, UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO LOCAL E UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE DIFERENCIAL DE ÁREA AMPLA, MEIO LEGÍVEL DE COMPUTADOR, E, RECEPTOR E NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE**

(30) Prioridade Unionista: 31/01/2006 US 11/345124

(73) Titular(es): Navcom Technology, INC.

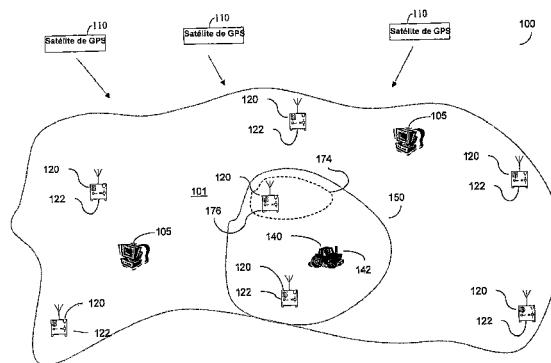
(72) Inventor(es): Ronald R. Hatch, Scott Adam Stephens

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA

(86) Pedido Internacional: PCT US2007002514 de 31/01/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/089767 de 09/08/2007

(57) Resumo: MÉTODO PARA POSICIONAR OU NAVEGAR UM OBJETO ASSOCIADO COM AMBOS, UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO LOCAL E UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE DIFERENCIAL DE ÁREA AMPLA, MEIO LEGÍVEL DE COMPUTADOR, E, RECEPTOR DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE. A presente invenção inclui um método para um uso combinado de um sistema de posicionamento local (174), de um sistema de RTK local (150) e de um sistema de posicionamento por portadora de fase diferencial regional, de área ampla, ou global (100) (WADGPS) no qual as desvantagens associadas com as técnicas de navegação do sistema de posicionamento local (174), do RTK (150) e do WADGPS (100) quando usadas, de forma separada, são evitadas. O método inclui usar uma posição conhecida de um receptor de usuário (142) que tem estado estacionário ou usando um sistema de Sistema de RTK (150) para iniciar os valores de ambigüidade de flutuação no sistema de WADGPS (100) quando o receptor do usuário (142) é movido. Após isso, as medidas de portadora de fase de refração corrigida obtidas no receptor de GPS do usuário (142) são ajustadas incluindo os valores de ambigüidade de flutuação iniciais correspondentes e os valores de ambigüidade de flutuação são tratados como bem conhecidos (variância pequena) nos processos subsequentes para posicionar o receptor do usuário (142) no sistema de WADGPS (100).



“MÉTODO PARA POSICIONAR OU NAVEGAR UM OBJETO ASSOCIADO COM AMBOS, UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO LOCAL E UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE DIFERENCIAL DE ÁREA AMPLA, MEIO LEGÍVEL DE COMPUTADOR, E, RECEPTOR DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE”

REFERÊNCIA CRUZADA DOS CASOS RELACIONADOS

Este pedido é uma continuação em parte do n°. de série 10/757.340, depositado em 13 de Janeiro de 2004, os conteúdos do qual são aqui incorporados para referência.

10

CAMPO TÉCNICO

A presente invenção se refere, de forma geral, as tecnologias associadas com posicionamento e navegação usando satélites, e mais particularmente para resolver ambigüidade de flutuação de portadora em sistema posicionamento e/ou navegação de portadora de fase regional, de área ampla, ou global.

15

CONHECIMENTO DA INVENÇÃO

O sistema de posicionamento global (GPS) usa satélites no espaço para localizar objetos na Terra. Com o GPS, sinais provenientes dos satélites chegam em um receptor de GPS e são usados para determinar a posição do receptor de GPS. Correntemente, dois tipos de medidas de GPS correspondendo a cada canal de correlação com um sinal de satélite de GPS travado são disponíveis para receptores de GPS civis. Os dois tipos de medidas de GPS são falsos intervalos, e fase de portadora integrada para dois sinais de portadora, L1 e L2, com frequências de 1,5754 GHz e 1,2276 GHz, ou comprimentos de onda de 0,1903 m e 0,2442 m, respectivamente. A medida de falso intervalo (ou medida de código) é uma observação de GPS que todos os tipos de receptores de GPS podem fazer. Isto utiliza os códigos C/A ou P modulados sobre os sinais de portadora. A medida registra o tempo aparente levado para o código relevante viajar do satélite para o receptor, i. e.,

20

25

o tempo que o sinal chega no receptor de acordo com o relógio do relógio do receptor menos o tempo que o sinal deixa o satélite de acordo com o relógio do satélite. A medida de fase de portadora é obtida integrando uma portadora reconstruída do sinal como ele chega no receptor. Assim sendo, a medida de fase de portadora é também uma medida de uma diferença de tempo de transito como determinada pelo tempo que o sinal deixa o satélite de acordo com o relógio do satélite e o tempo que ele chega no receptor de acordo com o relógio do receptor. Contudo, porque um número inicial de ciclos completos em transito entre o satélite e o receptor quando o receptor começa a monitoração da fase da portadora do sinal é usualmente não conhecido, a diferença de tempo de transito pode estar em erro por múltiplos ciclos de portadora, i. e., há uma ambigüidade de ciclo completo na medida de fase da portadora.

Com as medidas de GPS disponíveis, o intervalo ou distância entre um receptor de GPS e cada um da pluralidade de satélites é calculada multiplicando um tempo de viagem do sinal pela velocidade da luz. Esses intervalos são usualmente referenciados como pseudo intervalos (intervalos falsos) porque o relógio do receptor, de forma geral, tem um erro de tempo significativo que causa uma polarização comum no intervalo medido. Esta polarização comum do erro do relógio do receptor é resolvida para juntamente com as coordenadas de posição do receptor como parte da computação de navegação normal. Vários outros fatores podem, também, conduzir a erros ou ruídos no intervalo calculado, incluindo erro efêmero, erro de sincronismo do relógio do satélite, efeitos atmosféricos, ruído de receptor e erro de caminhos múltiplos. Com navegação de GPS autônoma, onde um usuário com um receptor de GPS obtém intervalos de código e/ou fase de portadora com relação a uma grande quantidade de satélites em vista, sem consultar qualquer estação de referência, o usuário é bem limitado nas maneiras para reduzir os erros ou ruídos nos intervalos.

Para eliminar ou reduzir esses erros, operações diferenciais são tipicamente usados nas aplicações de GPS. Operações de Diferencial GPS (DGPS), tipicamente, envolvem um receptor de GPS de referência base, um receptor de GPS de usuário (ou navegação), e um enlace entre o usuário e receptores de referência. O receptor de referência é colocado em uma localização conhecida e a posição conhecida é usada para gerar correções associadas com algum ou todos os fatores de erro acima. As correções são fornecidas ao receptor do usuário e o receptor do usuário então usa as correções para, apropriadamente, corrigir sua posição computada. As correções podem ser na forma de correções para a posição do receptor de referência determinada no sítio de referência ou na forma de correções para o relógio de satélite de GPS específico e/ou órbita. Operações diferenciais usando medidas de fase de portadora são freqüentemente referenciados como operações cinemáticos de posicionamento/navegação em tempo real (RTK).

O conceito fundamental de GPS Diferencial (DGPS) é levar vantagem das correlações espacial e temporal dos erros inerentes nas medidas de GPS para cancelar os fatores de ruído nas medidas de falso intervalo e/ou de fase de portadora resultando desses fatores de erro. Contudo, enquanto o erro de sincronismo do satélite do relógio do GPS, que aparece como uma polarização na medida de falso intervalo ou de fase de portadora, é perfeitamente correlacionada entre o receptor de referência e o receptor do usuário, a maioria dos outros fatores de erro são ou não correlacionados ou a correlação diminui em aplicações de área ampla, i. e., quando a distância entre o receptor de referência e do usuário se torna grande.

Para suplantar a incerteza do sistema de DGPS em aplicações de área ampla, várias técnicas de DGPS regional, de área ampla, ou global (daqui em diante referenciados como DGPS de área ampla ou WADGPS) têm sido desenvolvidas. O WADGPS inclui uma rede de múltiplas estações de referência em comunicação com um centro computacional ou

distribuidor/centro de processamento. Correções de erro são computadas no distribuidor com base nas localizações conhecidas das estações de referência e as medidas tiradas por elas. As correções de erro computadas são então transmitidas aos usuários através de enlace tal como satélite, telefone, ou rádio. Usando múltiplas estações de referência, WADGPS fornece estimativas mais precisas das correções de erro.

Assim sendo, um número de técnicas diferentes tem sido desenvolvidas obter navegação diferencial de alta precisão usando as medidas de fase de portadora de CPS. A técnica de RTK tem um precisão típica de cerca de um centímetro. De modo a obter aquela precisão, contudo, a ambigüidade de ciclo completo nas medidas de fase de portadora diferenciais precisa ser determinada. Quando a distância entre o receptor do usuário e o receptor de referência (distância de linha básica de linha básica) é curta, a técnica de RTK é altamente vantajosa porque neste caso, a ambigüidade de ciclo completo pode ser resolvida não somente, de forma precisa, mas também rapidamente. Por outro lado, quando a distância de linha básica é mais do que umas poucas dezenas de quilômetros, pode se tornar impossível para determinar a ambigüidade de ciclo completo e a precisão de RTK normal não pode ser alcançada. Uma outra limitação da técnica de RTK técnica é que ela requer um enlace local via rádio a ser mantido entre o receptor de referência e o receptor de navegação.

As técnicas de WADGPS que empregam o método diferencial de fase de portadora pode também alcançar precisão de navegação bem alta. As técnicas diferenciais de WADGPS são também caracterizadas por enlaces de frequência baixa de longa distância confiáveis ou por enlaces via satélite confiáveis. Assim sendo, correções podem, de forma geral, ser comunicadas aos receptores de navegação sem interrupção significativa. Contudo, as técnicas de WADGPS usualmente tratam as ambigüidades de ciclo completo como uma variável valorada real (não inteiro) e resolve para uma

“ambigüidade de flutuação”, que é usualmente bem pobremente definida até que os dados de medida, cobrindo um intervalo de tempo de mudança da geometria de satélite significativa, tenham sido obtidos. Assim sendo, em uma aplicação de WADCPS, um intervalo de tempo assim como um ou duas horas é frequentemente requerido para solucionar a “ambigüidade de flutuação” de modo a render uma precisão menor do que 10 centímetros na posição navegada.

Posicionamento preciso (< 1 cm) pode também ser obtido usando um sistema de posicionamento local. Sistemas de posicionamento local convencional usando componentes ativos ou passivos incluem sistemas de alcance acústico e a laser, por exemplo, baseados em um tempo de voo para sinais e/ou um deslocamento de frequência de Doppler. Sistemas acústicos tipicamente usam estações de marcação e/ou sinalizações de transpondor para medir distância dentro da rede de dispositivos, algum dos quais são fixos para formar o sistema de coordenada local. Infelizmente, por causa das propriedades da propagação do som através do ar, sistemas acústicos podem, somente, medir distância de precisões de um centímetro ou mais, e somente, de forma relativa, sobre distâncias curtas. Sistemas de posicionamento local com base em lasers utilizam medidas de ambos, o ângulo e a distância entre um dispositivo e um ou mais objetos refletivos, tal como prisma, para triangular uma posição dos dispositivo. Um intervalo de operação efetiva de sistemas de posicionamento local com base em lasers é também, tipicamente, de forma relativa, restrito a distâncias curtas (na ordem de 1000 – 10.000 m).

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

O presente pedido inclui um método para combinar o uso das técnicas de navegação de RTK e de WADGPS, tal que tal que as fraquezas de cada técnica pode ser complementada pelas forças das outra técnica. A primeira desvantagem da técnica de WADGPS é que o receptor de navegação

leva um longo tempo decorrido (frequentemente mais de uma hora) para determinar os valores de ambigüidade de flutuação, que são requeridos para converter as medidas de fase de portadora em medidas distância precisas. As primeiras desvantagens da técnica de RTK são que elas requerem um enlace em tempo real (normalmente a linha do sítio) entre um receptor de GPS do usuário e um receptor de referência de GPS e que a ambigüidade de ciclo completo pode somente ser determinada quando a distância de separação entre receptor de referência de GPS e o receptor de GPS do usuário é relativamente curta.

Estas desvantagens separadas podem ser removidas usando o método para combinar to uso de técnicas de navegação de RTK e de WADGPS de acordo com uma modalidade da presente invenção. O método inclui usar uma posição conhecida de um receptor do usuário para configurar inicialmente os valores da ambigüidade de flutuação em um sistema de WADGPS. Quando o receptor do usuário for estacionário, a posição conhecida do receptor do usuário pode ser um posição observada ou uma posição obtida de uma operação anterior. Quando o receptor do usuário está se movendo, a localização conhecida pode ser obtida usando um sistema de RTK.

Assim sendo, em uma operação combinada, quando o enlace para o sistema de posicionamento local e/ou a navegação de RTK está disponível, as saídas de posição, de velocidade e de tempo (PVT) do receptor do usuário podem ser obtidas usando o sistema de posicionamento local e/ou o sistema de RTK, enquanto o sistema de WADGPS é executado em segundo plano e suas saídas são, de forma constante, configuradas inicialmente para concordar com as saídas com as saídas do sistema de RTK. Quando o enlace para o sistema de posicionamento local é perdido, as saídas de PVT do receptor do usuário podem ser obtidas usando o sistema de RTK e/ou o sistema de WADGPS, que foi inicializado enquanto o sistema de

posicionamento local estava operando. Quando o enlace para a navegação de RTK é perdido, ou quando o receptor do usuário perambula bastante longe da estação de referência no sistema de RTK, as saídas de PVT do receptor do usuário podem ser obtidas usando o sistema de WADGPS, que foi inicializado enquanto o RTK estava operando. Tal inicialização evita o tempo de “pull-in” normal de 15 minutos a duas horas requeridas para solucionar os valores de valores de ambigüidade de flutuação quando a posição do receptor de GPS do usuário não é conhecida. Isto fornece soluções de PVT bem precisas do sistema de WADGPS enquanto o sistema de posicionamento local e/ou o sistema de RTK estão indisponíveis ou imprecisos, e torna a técnica de WADGPS mais prática para propósitos de posicionamento e navegação de alta precisão em tempo real.

DESCRIÇÃO BREVE DOS DESENHOS

FIG. 1 é um diagrama em bloco de uma combinação de um sistema de WADGPS, um sistema de posicionamento local, e um sistema de RTK local de acordo com uma modalidade da presente invenção.

FIG. 2 é um diagrama em bloco de um sistema de sistema de computador acoplado a um receptor de GPS do usuário.

FIG. 3 A é um fluxograma ilustrando um método para combinar o uso do sistema de WADGPS, do sistema de RTK local, e/ou do sistema de posicionamento local.

FIG. 3B é um fluxograma ilustrando um método para atualizar uma posição de receptor usando um sistema de RTK local.

FIG. 4A é um fluxograma ilustrando um fluxo de processo para operação combinada usando ambos o sistema de WADGPS e o sistema de RTK local.

FIG. 4B é um fluxograma ilustrando um fluxo de processo para uso de um sistema de posicionamento local, de um sistema de RTK local, e/ou de um sistema de WADGPS.

FIG. 5 é a diagrama ilustrando uma situação na qual a operação combinada pode ser usada.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

FIG. 1 ilustra um sistema de GPS diferencial de área ampla ou global (WADGPS) 100 de acordo com uma modalidade da presente invenção. Como mostrado na FIG. 1, o sistema de WADGPS 100 inclui a rede de estações de referência 120 cada um tendo um receptor de GPS 122, e um ou mais centros de processamento de processamento 105. As estações de referência 120, de forma contínua, fornecem observações de GPS brutas ao centro de processamento 105 para processamento. Essas observações incluem medidas de código de GPS e de fase de portadora, efemérides, e outra informação obtida de acordo com os sinais recebidos de uma grande quantidade de satélites 110 nas estações de referência 120. As estações de referência 120 são colocadas em localizações conhecidas através da área ampla 101, tal como um continente, para um sistema de DGPS de área ampla, ou através do globo para uma rede de DGPS global. Os centros de processamento 105 são facilidades nas quais as observações de GPS são processadas e as correções de DGPS são computadas. Se múltiplos centros de processamento independentes são fornecidos, é preferido que eles sejam geograficamente separados e operados em paralelo.

O sistema de WADGPS 100 pode ser utilizado por um ou mais usuários (ou dispositivos de usuários ou objetos) 140 cada um tendo um receptor de GPS de usuário 142 para propósitos de posicionamento e/ou navegação. Em uma modalidade da presente invenção, o usuário 140 é associada com um estação de referência próxima 120 através de um enlace via rádio de RTK, tal que o receptor do usuário 142 e a estação de referência próxima 120 forma um sistema de RTK local 150. Em algumas modalidades, o usuário 140 pode também ser associado com um sistema de posicionamento local 174 tendo uma ou mais estações de marcação 176. A uma ou mais

estações de marcação 176 podem ser ativas ou passivas. A uma ou mais estações de marcação 176 pode cada uma ter um receptor de GPS 122.

Sistema 100 ainda inclui enlaces de dados convencionais (não mostrados) para fornecer mecanismos de transporte confiável para as observações de GPS a serem enviadas das estações de referência 120 para os centros de processamento 105 e para as correções computadas a serem transmitidas difusamente a partir dos centros de processamento 105 para as estações de referência 120 e dos usuários 140. Um sistema de WADGPS continental usualmente tem cerca de 3 à 10 receptores de referência e um sistema de WADGPS global usualmente tem cerca de 20 para 100 receptores de referência alimentando dados para os centros de processamento 105. Em uma modalidade da presente invenção, as observações de GPS são enviadas das estações de referência 120 para os centros de processamento 105 através da Internet, e correções computadas são enviadas também através da Internet a partir dos centros de processamento para uma ou mais estações terrenas (não mostrado) a serem conectadas a um ou mais satélites (não mostrado), que então transmitem difusamente as correções computadas para recepção pelas estações de referência 120 e o receptor do usuário 142.

Em uma modalidade da presente invenção, o usuário ou objeto 140 é também equipado com um sistema de computador 144 acoplado ao receptor de GPS do usuário 142. como mostrado na FIG. 2, o sistema de computador 144 inclui uma unidade central de processamento (CPU) 146, um memória 148, uma ou mais portas de entrada 154, uma ou mais portas de saída 156, e (opcionalmente) um interface de usuário 158, acoplados um com o outro através de uma barra de comunicação 152. A memória 148 pode incluir memória de acesso aleatório de alta velocidade e pode incluir armazenamento de massa não volátil, tal como um ou mais dispositivos de armazenamento de disco magnético ou dispositivos de memória instantânea.

A memória 148 preferencialmente armazena um sistema

operacional 162, procedimentos de aplicação de GPS 164, e um banco de dados 170. Os procedimentos de aplicação de GPS 164 podem incluir procedimentos 166 para realizar um método 300 para combinar o uso do sistema de posicionamento local 174, do sistema de RTK local 150, e/ou do sistema de WADGPS 160, como descrito em mais detalhes abaixo. O sistema operacional 162 e programas e procedimentos de aplicação 164 armazenados na memória 148 são para execução através da CPU 146 do sistema de computador 144. A memória 148 preferencialmente também armazena estruturas de dados usadas durante a execução dos procedimentos de aplicação de GPS 164, incluindo medidas de falso intervalo e de fase de portadora de CPS 168, correções de GPS 172 recebidas dos centros de processamento, assim como outras estruturas de dados discutidos neste documento.

As portas de entrada 154 são para receber dados do receptor de GPS142, para receber informação da estação de referência ou estação de marcação 120 no sistema de posicionamento local 174 ou no sistema de RTK local 150 através do enlace via rádio 124, e para receber correções de GPS e outra informação proveniente dos centros de processamento 105 através de um enlace via satélite107. A porta de saída156 é usada para emitir dados da estação de referência ou estação de marcação 120 através do enlace via rádio 124 ou dos dispositivos acústicos ou de laser (não mostrado). Em uma modalidade da presente invenção, a CPU 146 e a memória 148 do sistema de computador 144 são integradas com o receptor de GPS142 em um dispositivo único, dentro de um único compartimento, como mostrado na FIG 2. Contudo, tal integração não é requerida para realizar os métodos da presente invenção.

Por conseguinte, o usuário ou objeto 140 pode se engajar em três diferentes modos de operação ou, de forma simultânea, ou em vezes diferentes. O usuário ou objeto 140 pode operar em um modo de WADGPS

no qual o usuário ou do objeto 140 posiciona a si mesmo ou navega usando o sistema de WADGPS 100. Em um Modo de RTK no qual o usuário ou objeto 140 posiciona a si mesmo ou navega usando o sistema de RTK local 150, e/ou em um modo de posicionamento local no qual o usuário ou objeto 140 posiciona a si mesmo ou navega usando o sistema de posicionamento local 174. Quando o usuário ou objeto 140 está perto de uma ou mais estações de marcação 176 com a qual ele pode ser associado e o enlace entre o usuário ou objeto 140 e a uma ou mais estações de marcação 176 pode ser mantido, o usuário pode usar a uma ou mais estações de marcação 176 para posicionar a si mesmo com relação a uma ou mais estações de marcação 176. Quando o usuário ou objeto 140 está perto da estação de referência 120 com o qual ele é associado e o enlace via rádio entre o usuário ou objeto 140 e a estação de referência 120 pode ser mantido, o usuário pode usar o sistema de RTK local 150 para posicionar a si mesmo com relação à estação de referência 120. O sistema de posicionamento local 174 e o sistema de RTK local 150 são mais vantajosos do que o sistema de WADGPS 100, nos quais eles são mais precisos e que a ambigüidade inteira de ciclo completo pode ser rapidamente resolvida, como explicado no seguinte.

Usando o sistema de RTK local 150, quando as medidas são tomadas com relação a n satélites 110 na visão do receptor de GPS de referência 122 e do receptor de GPS do usuário 142, as medidas podem ser usadas para resolver a posição do usuário ou objeto 140 de acordo com a seguinte equação em formato de matriz:

$$(V\Phi + N) \lambda = Hx + n_{\phi}, (1)$$

onde $V\Phi = [V_{\phi 1} \ V_{\phi 2} \dots \ V_{\phi n}]^T$ é a medida do vetor de fase de portadora formado pela medida diferencial de fase de portadora com relação a cada um dos n satélites 110, $N = [N_1 \ N_2 \dots \ N_n]^T$ é um vetor de ambigüidade de inteira formado pela ambigüidade de inteiro diferencial associada com cada um das medidas de fase de portadora diferencial no vetor de medida de fase

de portadora, $H = [h_1, h_2 \dots h_n]^T$ é uma matriz de sensibilidade de medida formada pelos vetores de unidade do usuário ou objeto 140 para os n satélites 110, x é um vetor de estado desconhecido real (ou vetor real) incluindo um vetor de posição a partir da estação de referência 120 para o usuário ou objeto 5 140 no sistema de RTK local 150, e $n\phi = [n\phi_1 \ n\phi_2 \dots \ n\phi_n]^T$ é um vetor de ruído de medida (ou vetor residual de intervalo de fase) formado pelo ruído de fase de portadora diferencial com relação a cada um dos n satélites 110.

Para resolver o vetor real x usando a Equação (1), o vetor de ambigüidade de inteiro N necessita ser resolvido. Muitos métodos diferentes 10 foram desenvolvidos para resolver os valores de ambigüidade inteira incluídos no vetor de ambigüidade inteira N e esses métodos tipicamente usam um processo de procura para achar uma combinação de valores de ambigüidade inteira que satisfaz certo critério, tal como uma norma mínima de um vetor residual de medida $\Delta\Phi$,

$$\Delta\Phi = (V\Phi + \tilde{N})\lambda - H\hat{x} \quad (2)$$

15 onde $\Delta\Phi$ é um vetor residual de intervalo de fase correspondendo a um vetor de ambigüidade inteira candidato $\tilde{N}$ incluindo a combinação de valores de ambigüidade inteira, e $\hat{x}$ é uma solução de quadrado mínimo da Equação (1),

$$\hat{x} = [H^T H]^{-1} H^T (V\Phi + N)\lambda \quad (3)$$

20 ou,

$$\hat{x} = [H^T R H]^{-1} H^T R^{-1} (V\Phi + N)\lambda \quad (4)$$

onde

$$R = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & . & . & . & 0 \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ 0 & . & . & . & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

é uma matriz de co-variância de medida formada por σ_i , que é um desvio padrão do ruído de fase de portadora diferencial $n_{\phi 1}$ calculado

usando convencional convencionais. Um exemplo dos métodos para calcular σ_i , pode ser encontrado em “*Precision, Cross Correlation, and Time Correlation of GPS Phase e Code Observations*”, por Peter Bona, GPS Solutions, Vol. 4, No. 2, Fall 2000, p. 3-13, ou em “*Tightly Integrated Attitude Determination Methods for Low-Cost inertial Navigation: Two-Antenna GPS e GPS/Magnetometer*” por Yang, Y., Ph.D. Dissertation, Dept. of Electrical Engineering, University of California, Riverside, CA Junho 2001, ambos aqui incorporados para referência.

Outros exemplos dos métodos de procura podem ser encontrados em “Instantaneous Ambiguity Resolution”, por Hatch, R., no Proceedings of the KIS Symposium 1990, Banff, Canadá, que é incorporado aqui por referência, e no pedido de patente proprietária comum para “Fast Ambiguity Resolution for Real Time Kinematic Survey and Navigation” Pedido de patente de número de série 10/338,264, que é também aqui incorporada para referência.

Com a ambigüidade de inteiro resolvida, a posição, velocidade e tempo (PVT) do receptor do usuário 142 podem ser, de forma precisa, computadas como soluções do sistema de RTK local 150.

Usando o sistema de posicionamento local 174, a posição, velocidade e tempo (PVT) do receptor do usuário 142 podem ser, de forma precisa, computadas como soluções do sistema de posicionamento local 174. Por exemplo, informação de distância e de ângulo relativa a uma ou mais estações de marcação pode ser determinada usando um tempo de vôo dos sinais e/ou deslocamentos de frequência de Doppler. Discussão adicional para determinar informação de distância e de ângulo em um sistema de posicionamento local é fornecida no pedido de patente do U.S. de número de série 11/103.964, com o título “Sistema de radar melhorado para posicionamento local”, depositada em 11 de Abril de 2005, os conteúdos da qual, são aqui incorporados para referência. Em adição, medidas tomadas com

relação aos n satélites 110 na visão do receptor de GPS 120 em uma ou mais da uma ou mais estações de marcação 176 e o receptor de GPS de usuário associado 142, as medidas podem ser usadas para resolver a posição do usuário ou objeto 140 de acordo com as equações precedentes.

5 A despeito de suas muitas vantagens, o sistema de posicionamento local 174 e/ou o sistema de RTK local 150 podem não estar disponíveis para o usuário ou objeto 140 todo o tempo, porque o usuário pode se mover para uma localização que está muito distante da uma ou mais estações de marcação 176 e/ou da estação de referência 120, ou está fora do
10 sítio da uma ou mais estações de marcação 176 e/ou da estação de referência 120 tal que o enlace e/ou o enlace via rádio 124 entre o usuário ou objeto 140 e a estação de marcação e/ou estação de referência não pode ser mantido. Nessas situações, erro induzido ionosférico não pode, de forma satisfatória, ser removido levando em conta a diferença entre medidas no usuário ou
15 objeto 140 e na estação de marcação 176 e/ou estação de referência 120. Este erro afeta o processo de procura acima para o vetor de ambigüidade de inteiro porque ele força medidas residuais incluídas no vetor residual de medida $\Delta\Phi$ a aumentar.

 Por conseguinte, em situações onde o sistema de
20 posicionamento local 174 e o sistema de RTK local 150 não estão disponível ou perderam sua precisão devido a uma grande separação entre o receptor de GPS do usuário e a estação de marcação e a estação de referência, o usuário pode necessitar operar no modo de WADGPS, no qual uma diferente abordagem para resolver a ambigüidade de inteiros é usada. Usando o sistema
25 de WADGPS 100, cada ambigüidade de ciclo completo é estimada como uma variável valorada real (não inteira). Esta prática é freqüentemente referenciada como determinando um valor de “ambigüidade de flutuação”. Um método para determinar o valor de “ambigüidade de flutuação” envolve a formação de código corrigido de refração e medidas de fase de portadora medidas com

base em medidas brutas de GPS tomadas no usuário ou objeto 140, na graduação das medidas de fase de portadora para as mesmas unidades como, medidas de código, e na subtração de cada medida de fase de portadora graduada da correspondente medida de código para obter um valor de compensação. Em uma modalidade da presente invenção, a medida de código corrigido de refração, designada como P_{RC} é formada como a seguir:

$$P_{RC} = \frac{f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)} P_1 - \frac{f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} P_2 \cong P_1 - 1.5457(P_1 - P_2) \quad (6)$$

onde P_1 e P_2 são as medidas de código de falso intervalo brutas nas frequências de L1 e L2, f_1 e f_2 , respectivamente, em um momento de medida particular. A medida de fase de portadora corrigida de refração, designada como L_{RC} , é formada, de forma similar, como a seguir:

$$L_{RC} = \frac{f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)} L_1 - \frac{f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} L_2 \cong L_1 - 1.5457(L_1 - L_2) \quad (7)$$

onde L_1 e L_2 são as medidas de fase de portadora graduadas pelos comprimentos de onda dos sinais L1 e L2, respectivamente, e cada uma inclui valor aproximado de ambigüidade de ciclo completo que foi adicionado para forçar a medida de fase de portadora graduada ficar perto do mesmo valor como a medida de código correspondente. Assim sendo,

$$L_1 = (\varphi_1 + N_1)\lambda_1, \quad (8)$$

$$L_2 = (\varphi_2 + N_2)\lambda_2, \quad (9)$$

onde φ_1 e φ_2 são as medidas brutas de fase de portadora nas frequências de L1 e L2, respectivamente, no mesmo momento de medida, e os valores de ciclo completo de N_1 e N_2 foram inicializados no início da monitoração da fase de portadora pelo usuário ou objeto 140 para dar valores que estão dentro um comprimento de onda de portadora das medidas de código correspondente a fim de manter as diferenças entre as medidas de fase de portadora graduadas e as pequenas medidas de código correspondente. A partir da forma da equação (7), é notado que a medida de fase de portadora corrigida de refração inclui uma ambigüidade de ciclo completo com um

comprimento de onda λ determinada pela soma de f_1 e f_2 (que é cerca de 2.803 GHz), tal que λ é aproximadamente 0,1070 metros (i. e., $c/(f_1 + f_2)$).

Porque os efeitos ionosféricos foram removidos de ambas as medidas de código e fase de portadora de acordo com Equações (6)-(9) e os efeitos do relógio do satélite e dos erros de órbita nas medidas de falso intervalo e de fase de portadora são os mesmo, os valores de P_{RC} e L_{RC} obtidos no passo 310 devem ser quase idênticos exceto para a possível ambigüidade de ciclo completo associada com a medida de fase de portadora L_{RC} e o maior ruído de caminhos múltiplos na medida de código P_{RC} . isto permite a resolução de uma ambigüidade de ciclo completo no L_{RC} reduzindo uma compensação ($O = P_{RC} - L_{RC}$) entre a medida de código corrigida de refração e a medida de fase de portador corrigida de refração através de uma série de momentos de medida, a fim de que a compensação se torne uma aumentada estimativa precisa da “ambigüidade de flutuação”. O valor de compensação reduzido pode ser ainda ajustado usando medidas residuais pós fixadas para fornecer um ajuste de medida adicional de fase de portadora tal que os resíduos de medida ajustada ficam perto de zero.

Em uma modalidade da presente invenção, a compensação é reduzida tomando uma media expandida da compensação como a seguir:

$$O_i = O_{i-1} + (P_{RC}^i - L_{RC}^i - O_{i-1})/\eta, \quad (10)$$

onde $i = 1, 2, 3, \dots$, é usado para designar um momento de medida, e o valor of η é um valor de certeza que aumenta conforme O_i se torna uma estimativa mais precisa do valor da ambigüidade de flutuação. Em uma modalidade da presente invenção, η é igual para i até um valor máximo de média ser obtido. Por exemplo, se a medida de fase de portadora é assumida ser somente 1/100 do ruído da medida de código, o valor de “ η ” seria limitado para ser menor do que 100 ao quadrado ou 10.000. Equação (9) pode assim sendo, ser, de forma recursiva computada até um precisão predeterminada do valor da ambigüidade de flutuação ser alcançada.

Com a compensação reduzida O_i , a medida de código corrigida de refração reduzida, S , pode ser obtido adicionando a medida de fase de portador corrigida de refração, para o momento de medida corrente, à compensação reduzida, tal que

$$S_i = O_i + L_i \quad (11)$$

5 que tem a precisão da medida de fase de portadora mas sem as ambigüidades associadas.

O processo como descrito acima em associação com as Equações (6)-(11) é efetuado para cada um de uma grande quantidade de satélites ao alcance do receptor de GPS do usuário 142. Com a medida de código corrigida de refração reduzida disponível para cada um da grande
10 quantidade de satélites ao alcance do receptor de GPS do usuário 142, os falsos intervalos para esses satélites podem ser obtidos. Esses falsos intervalos são ajustados com as correções de WADGPS recebidas dos centros de processamento 105 e são usados em fixar quadrados mínimos ponderados para calcular o vetor de estado x . Desta forma, uma posição, velocidade e
15 tempo (PVT) do receptor de GPS do usuário 142 pode ser computado como soluções de WADGPS para o PVT do receptor de GPS do usuário 142.

Outros exemplos dos métodos para obter as compensações corrigidas de refração, reduzidas podem se encontradas em “The Synergism
20 of Code e Carrier Measurements”, por Hatch, R, nos Proceedings of the Third International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, DMA, NOS5 Las Cruces, N.M., New Mexico State University, Vol. H, pp. 1213-1232, que é aqui incorporado para referência, e no pedido de patente proprietário comum para um “Method for Generating Clock Corrections for a
25 Wide-Area or Global Differential GPS System”, Arquivo de Procurador Número 009792-0042-999, que também é aqui incorporado para referência.

Também é possível solucionar os valores de “ambigüidade de flutuação” como estados separados em uma solução de quadrados mínimos ou

filtro de Kalman. Quando as ambigüidades são incluídas como estados, um valor estimado para cada valor de ambigüidade de flutuação é ajustado de acordo com a variância a fim tal que se torna cada vez mais precisa conforme a geometria do sistema muda devido ao movimento do satélite. Assim sendo, esta técnica também rende uma estimativa cada vez mais precisa estimativa no tempo. Ver documentos de Patrick H. C. Hwang em Navigaton Vol. 38, No. 13 Spring 1991, com o título “Kinematic GPS for Differential Positioning: Resolving Integer Ambiguities on the Fly”, que é aqui incorporado para referência.

Há muitas combinações e variações das técnicas acima que podem ser usadas para estimar os valores de “ambigüidade de flutuação”. Contudo, todas elas envolvem processar dados em um intervalo de tempo significativo. O intervalo de tempo pode freqüentemente ser assim como uma ou duas antes de alguém poder estar certo que a “ambigüidade de flutuação” esteja precisa o bastante para render uma precisão menor do que 10 centímetros na posição navegada do usuário 140. Para encurtar o intervalo de tempo para obter os valores de “ambigüidade de flutuação”, o sistema de WADGPS pode ser inicializado como descrito abaixo usando uma localização do receptor de GPS do usuário 142 conhecida.

FIG. 3A ilustra um método 300 para inicializar o sistema de WADGPS 100. Como mostrado na FIG. 3, o método 300 inclui um passo 310 no qual é determinado se o usuário está estacionário em uma localização conhecida. Isto pode ser feito de acordo com a entrada do usuário ou através de algum mecanismo convencional que permita ao computador 144 determinar se o receptor do usuário 142 tem estado estacionário. Se a posição do receptor do usuário 142 é, de forma precisa, conhecida, essa posição pode ser usada to compute os valores de ambigüidade de flutuação sem o auxílio do sistema de posicionamento local 174 e/ou do sistema de RTK local 150, como explicado em mais detalhe abaixo. A posição observada do receptor de GPS

do usuário 142 poderia ser usada como uma posição conhecida, ou em alguns ambientes, a posição pode ser conhecida simplesmente porque o usuário ou objeto 140 tem estado estacionário e a posição do usuário já foi determinada durante uma operação anterior.

5 Em resposta à determinação que o usuário está estacionário em uma localização conhecida, o método 300 prossegue para um passo 320 no qual a posição do receptor do usuário é configurada para a localização conhecida. Ao contrário, o método 300 prossegue para um passo 330 no qual o sistema de posicionamento local 174 e/ou o sistema de RTK local 150 são
10 habilitados a, automaticamente, atualizar a localização do usuário usando o método discutido acima.

Método 300 ainda inclui um passo 340 no qual a localização do receptor do usuário, se é determinada no passo 320 ou passo 330, é usada para computar um conjunto de distâncias teóricas para os satélites 110. Isto
15 pode envolver computar as posições dos satélites 110 com base nas efemérides radiodifundidas a partir do sistema de WADGPS 100 e ajustar aquelas posições através das correções de órbita radiodifundidas pelo sistema de WADGPS 100. Dado ambas, a posição do receptor do usuário e as posições dos satélites nas Coordenadas Cartesianas, a distância teórica do
20 usuário 140 para cada satélite 110 pode ser computada como a seguir:

$$r = \sqrt{(x_s - x_u)^2 + (y_s - y_u)^2 + (z_s - z_u)^2} \quad (11)$$

onde subscrito s designa a coordenada do satélite e subscrito u designa a coordenada do receptor do usuário ou do objeto.

Método 300 ainda inclui um passo 350 no qual o valor inicial da ambigüidade de flutuação, a , correspondendo a cada satélite é calculado
25 subtraindo da a distância teórica calculada, a distância obtida da medida de fase de portadora corrigida de refração com relação ao mesmo satélite tal que,

$$a = r - L_{RC}^0 \quad (12)$$

onde L_{RC}^0 representa a medida de fase de portadora corrigida

de refração computada de acordo com Equação (7) em um momento de medida iniciando.

Método 300 ainda inclui um passo 360 no qual os valores de ambigüidade de flutuação são resolvidos adicionando os valores iniciais de ambigüidade de flutuação para as medidas de fase de portadora medidas corrigidas de refração correspondentes em momentos de medida subseqüentes, i. e.,

$$L_{RC}^i = L_{RC}^i + a ,$$

e tratando os valores de ambigüidade de flutuação com bem conhecidos tal que a certeza é configurada para alta (ou a variância é configurada para baixo). Na prática, o passo 360 é realizado usando um pequeno valor de ganho para ajustar os valores de ambigüidade de flutuação em um processo para determinar os valores de ambigüidade de flutuação. Por exemplo, se os valores de ambigüidade de flutuação são determinadas reduzindo a compensação entre a medida de código corrigida de refração e a medida de fase de portadora corrigida de refração de acordo com Equação (9), um pequeno ganho significa tratar o valor de ambigüidade de flutuação como se um número grande de valores de compensação tem sido usada em computá-lo, tal que $\eta = i + (\text{um número grande})$. Se um valor de ambigüidade valor é determinada em um processo de filtro de Kalman, um pequeno ganho é alcançado configurando a variância do estado de ambigüidade para um pequeno valor.

Assim sendo, usando a localização conhecida de um receptor do usuário estacionário 142, usando o sistema de posicionamento local 174 e/ou usando o sistema de RTK local 150 para inicializar os valores de ambigüidade de flutuação, uns quinze minutos à duas horas normais e tempo de “pull-in” requerido para solucionar os valores de ambigüidade de flutuação quando a posição do receptor do usuário não é conhecida, é evitada. Isto pode acelerar enormemente o processo para resolver ambigüidades de fase de

portadora no sistema de WADGPS 100, tornando o sistema de WADGPS 100 mais adequado para propósitos de posicionamento e/ou navegação em tempo real.

De modo a usar o sistema de posicionamento local 174 e/ou o sistema de RTK local 150 para atualizar a posição do receptor do usuário no método 300, a posição da uma ou mais estações de marcação 176 no sistema de posicionamento local 174 e/ou a posição da estação de referência 120 no sistema de RTK local 150 pode ser determinada, de forma precisa, no sistema de WADGPS 100. Um sistema de posicionamento local ou sistema de RTK local convencionais podem ser usados em um sentido relativo, significando que a posição do receptor do usuário 142 pode ser determinada relativa a uma ou mais estações de marcação e/ou ao receptor de referência. Desta maneira, posições relativas precisas do receptor de GPS do usuário 142 podem ser obtidas mesmo embora as coordenadas absolutas da uma ou mais estações de marcação e/ou da estação de referência podem ou não podem ser particularmente parecidas e dados de coordenada outros do que os dados normais de GPS são usados para posicionar a estação de marcação e/ou a estação de referência. Contudo, para o uso combinado do sistema de posição local 174, o sistema de RTK 150, e/ou o sistema de WADGPS 100, uma posição absoluta da uma ou mais estações de marcação 176 no sistema de posicionamento local 174 e do receptor de referência 120 no sistema de RTK 150 necessita ser determinada. Se uma posição incorreta é usada para a uma ou mais estações de marcação 176 no sistema de posicionamento local 174 ou para a estação de referência 120 no sistema de RTK local 150, isto vai forçar os valores de ambigüidade de flutuação computados como descrito acima, a serem incorretos. Isto vai conduzir a uma tendência lenta da posição computada do receptor do usuário 142 conforme os valores de ambigüidade de flutuação são lentamente ajustados para o valor correto durante o processamento de WADGPS subsequente.

Em uma modalidade da presente invenção, uma posição média da uma ou mais estações de marcação 176 no sistema de posicionamento local 174 e/ou uma posição média da estação de referência 120 no sistema de RTK 150 pode ser determinada com base em horas de dados de posicionamento do sistema de WADGPS 100 para confiabilidade aumentada. Em uma modalidade alternativa, um sistema de computador na uma ou mais estações de marcação 176 e/ou na estação de referência 120 aceita um valor de entrada de operador para sua posição e fornece uma posição para o usuário 140. Isto permite o posicionamento local e/ou RTK posicionamento de RTK relativos, para começar, imediatamente, a usar aquela posição de referência. Ao mesmo tempo, uma posição mais precisa da uma ou mais estações de marcação 176 e/ou da estação de referência 120 pode ser determinada pelo sistema de WADGPS 100 e é transmitida para uma ou mais estações de marcação 176 e/ou para a estação de referência 120. Esta posição mais precisa ou uma compensação entre a posição de entrada do operador e a posição mais precisa da uma ou mais estações de marcação 176 e/ou da estação de referência 120 determinada pelo sistema de WADGPS 100 pode então ser transmitida em uma taxa, relativamente baixa para o usuário 140.

FIG. 3B ilustra em mais detalhe passo 330 no método 300 no qual a posição de usuário é atualizada usando o sistema de posicionamento local 174 e/ou o sistema de RTK local 150. Como mostrado na FIG. 3B, passo 330 inclui um passo secundário 331 no qual o usuário ou objeto 140 recebe a posição de entrada do operador da estação de referência 120 no sistema de posicionamento local 174 e/ou do sistema de RTK 150, e um passo secundário 333 no qual o usuário ou objeto 140 efetua posicionamento local e/ou operação de RTK local para determinar sua própria posição relativa para aquela da uma ou mais estações de marcação 176 e/ou da estação de referência 120. Passo 330 ainda inclui um passo secundário 335 no qual o usuário ou objeto 140 recebe a posição mais precisa da estação de referência

120 determinada pelo sistema de WADGPS 100 ou a compensação entre a posição de entrada do operador da estação de referência 120 e a posição mais precisa da estação de referência 120 determinada pelo sistema de WADGPS 100. Passo 330 ainda inclui um passo secundário 337 no qual o usuário ou objeto 140 computa uma posição absoluta do receptor de GPS do usuário 142 em coordenadas Cartesianas usando ou a posição de entrada da estação de marcação e/ou da estação de referência ou a posição de uma ou mais estações de marcação 176 e/ou da estação de referência 120 determinada pelo sistema de WADGPS 100 (se disponível).

10 Em exemplo onde benefícios poderiam ser obtidos usando o método 300 é no posicionamento em um trem. Quando um trem passa através de um túnel, o enlace do sistema de posicionamento, o enlace de RTK e o enlace de WADGPS global pode ser perdido. Nesta situação o enlace de dados do sistema de posicionamento local e/ou enlace de dados do RTK pode ser configurado para inicializar os valores de ambigüidade de flutuação de WADGPS conforme o trem sai do túnel. Isto evitaria o longo intervalo de dados de outra forma requerido para determinar os valores de ambigüidade de flutuação corretos.

20 Em outro exemplo onde benefício poderiam ser obtidos usando o método 300 é no posicionamento em um avião logo após decolagem. Neste caso, um sistema de posicionamento local e/ou um sistema de RTK local em um aeroporto onde um avião está se preparando para decolar, pode ser usada para inicializar as ambigüidades de WADGPS ou antes ou durante a decolagem.

25 Assim sendo, o usuário ou objeto 140, que inclui o receptor de GPS do usuário 142 e o sistema de computador 144 acoplado ao receptor de GPS do usuário 142, pode operar em ambos, o modo de posicionamento local, o modo de RTK e/ou o modo de WADGPS. O sistema de posicionamento local 174 e o sistema de RTK local 150 são mais favoráveis do que o sistema

de WADGPS porque o processo de procura para sistema de posicionamento local 174 e o sistema de RTK local 150 como discutido acima leva muito menos tempo do que o método de redução no sistema de WADGPS 100 para resolver os valores de ambigüidade inteiros. No processo de procura, a
 5 redução das medidas de código é ou não requerido ou uma redução das medidas de código de muito mais curta duração é efetuado, não para determinar a ambigüidade de ciclo completo diretamente, mas para fornecer um incerteza decrescida em um conjunto inicial de valores de ambigüidade inteiros tal que o processo de procura subsequente pode ser mais
 10 estreitamento restringido. Por essa razão, somente um poucos segundos de dados são suficientes para obter o conjunto inicial de valores de ambigüidade.

O sistema de posicionamento local 174 e/ou o sistema de RTK local 150, contudo, estão somente disponíveis em situações onde o enlace entre o receptor de GPS do usuário 142 e a uma ou mais estações de marcação
 15 176 no sistema de posicionamento local 174 e/ou a estação de referência 120 no sistema de RTK local 150 podem ser mantidas e o usuário ou objeto 140 não perambular muito longe da uma ou mais estações de marcação 176 no sistema de posicionamento local 174 e/ou da estação de referência 120 no sistema de RTK local 150. Quando essas condições não são satisfeitas, que é,
 20 quando o sistema de posicionamento local 174 e/ou o sistema de RTK local 150 estão ou não disponível ou imprecisos, o usuário pode recorrer ao sistema de WADGPS 100 para navegação usando a última posição do receptor do usuário determinada pelo sistema de posicionamento local 174 e/ou o sistema de RTK 150 para inicializar o sistema de WADGPS tal que o longo tempo de
 25 “pull-in” para obter os valores de “ambigüidade de flutuação” é evitado.

FIG. 4 ilustra um fluxo de processo 400 para um posicionamento local combinado, operação de RTK e de WADGPS efetuada pelo sistema de computador do usuário 144. O fluxo de processo inclui passos 440, 450 e 460. Como mostrado na FIG. 4, enquanto as correções de

posicionamento local estão disponível, o usuário 140 opera no modo de posicionamento local e enquanto as correções de RTK estão disponíveis, o usuário 140 opera no modo de RTK. O usuário 140 recebe uma posição 401 da estação de marcação/estação de referência 120 no sistema de posicionamento local 174 e/ou no sistema de RTK local 150 e efetua passo 440 no qual as PVT do receptor do usuário são determinadas usando as correções de posicionamento local/RTK 410 recebidas da estação de marcação 176 no sistema de posicionamento local 174 e/ou do receptor de referência 120 no sistema de RTK local 150. Durante o desempenho do passo 440, o usuário 140 pode continuar a receber as correção de WADGPS 420 dos centros de processamento 105, tal que soluções de WADGPS podem ser geradas em segundo plano. O usuário 140 pode também receber posição atualizada 430 da estação de marcação 176 no sistema de posicionamento local 176 e/ou da estação de referência 120 no sistema de RTK local 150 a partir do centro de processamento 105 em uma relativamente taxa baixa. Usando a posição atualizada da estação de marcação 176 e/ou da estação de referência 120 e as soluções de posicionamento/RTK locais da posição do receptor do usuário, as soluções de WADGPS pode ser, de forma contínua, inicializadas no segundo plano para concordar com as soluções de posicionamento/RTK locais, de acordo com o método 300 discutido acima.

Quando o posicionamento local e as correções de RTK estão perdidos, o usuário 140 comuta para o modo de WADGPS de operação e efetua passo 450, no qual o usuário 140 usa a posição do receptor do usuário determinada no modo de operação de posicionamento local e/ou de RTK imediatamente antes das correção de posicionamento local/de RTK se tornarem indisponíveis para inicializar os valores de ambigüidade de flutuação para o modo de operação de WADGPS de acordo com o método 300 discutido acima. Desta maneira, os valores de “ambigüidade de flutuação” podem ser determinado sem o longo tempo de “pull-in”. Durante o

desempenho do passo 450, o usuário 140 continua a receber as correções de WADGPS 420 proveniente dos centros de processamento 105. O usuário 140 pode também receber a posição atualizada 430 da uma ou mais estações de marcação 176 no sistema de posicionamento local 174 e/ou da estação de referência 120 no sistema de RTK local 150 proveniente dos centro de processamento 105 em uma taxa relativamente baixa. As coordenadas da estação de referência são usadas para transformar a posição do receptor do usuário gerada no modo de WADGPS em posição relativa para a uma ou mais estações de marcação 176 e/ou para o receptor de referência local 120. Desta maneira os resultados de PVT gerados pelo sistema de computador do usuário 144 vai, diretamente, transitar entre os diferentes modos de operação.

Quando o posicionamento local e/ou as correções de RTK correções estão disponíveis de novo, o usuário resume a operação de posicionamento local e/ou a operação de RTK no passo 460, que é similar a operação de posicionamento local e/ou do RTK no passo 440.

FIG. 4B é um fluxograma ilustrando um fluxo de processo 470 para uso de um sistema de posicionamento local, a sistema de RTK local, e/ou um sistema de WADGPS. Se disponível, a posição de um usuário pode ser determinada de acordo com a informação recebida de uma sistema de posicionamento local (480). Se disponível, a posição de um usuário pode ser determinada de acordo com a informação recebida de um sistema de RTK (482). Se disponível, a posição de um usuário pode ser determinada de acordo com a informação recebida de um sistema de WADGPS (484). Um valor de ambigüidade de flutuação em uma medida de fase de portadora pode ser inicializado (486). O processo 470 pode incluir poucas ou operações adicionais. Duas ou mais operações podem ser combinadas e a posição de, pelo menos, uma operação pode ser mudada.

Em uma modalidade exemplar, o receptor de GPS do usuário 142 pode operar em um primeiro modo de operação que usa o sistema de

posicionamento local 176 para determinar uma primeira posição do usuário 140 quando a comunicação com o sistema de posicionamento local 176 está disponível. Uma segunda posição do usuário 140 pode ser determinada de acordo com as medidas de fase de portadora efetuadas usando o sistema de WADGPS 100 em um segundo modo de operação. A posição conhecida do usuário 140, tal como a primeira posição, pode ser usada para inicializar um valor de ambigüidade de flutuação nas medidas de fase de portadora. Em algumas modalidades, a posição conhecida do usuário 140 pode ser fornecida e/ou entrada pelo usuário.

Em algumas modalidades, o primeiro modo de operação é usado para determinar a posição do usuário 140 se ele está disponível. Se a comunicação com o sistema de posicionamento local 174 é perdida, contudo, o segundo modo de operação pode ser usado. Comunicação com o sistema de posicionamento local 174 pode ser perdida se a distância para o sistema de posição local 174 excede um valor, tal como 100 m, 500 m, 1000 m, 10.000 m ou mais.

Em algumas modalidades, o primeiro modo de operação e o segundo modo de operação podem ser efetuados substancialmente, de forma simultânea, e a diferença entre a primeira posição e a segunda posição é usada para inicializar o valor de ambigüidade de flutuação nas medidas de fase de portadora. Em algumas modalidades, o primeiro modo de operação e o segundo modo de operação pode ser efetuado substancialmente, de forma simultânea, e a diferença entre a primeira posição e a segunda posição é usada para determinar uma terceira posição do usuário 140. A terceira posição do usuário pode ser de acordo com a informação recebida do receptor de referência local 122 no sistema de RTK 150 em um terceiro modo de operação.

Em algumas modalidades, o terceiro modo de operação pode ser usado quando a comunicação com o sistema de posicionamento local 174

é perdida e o primeiro modo de operação pode ser usado quando a comunicação com o sistema de posição local 174 está de novo disponível.

Em algumas modalidades, o segundo modo de operação é usado quando a comunicação com o receptor de referência local 122 e o sistema de posicionamento local 174 é perdido, o primeiro modo de operação é usado quando a comunicação com o sistema de posicionamento local 174 está disponível, e onde o terceiro modo de operação é usado quando a comunicação com o receptor de referência local 122 está disponível e a comunicação com o sistema de posicionamento local 174 é perdida.

Em algumas modalidades, o segundo modo de operação é usado se a distância do sistema de posicionamento local 174 para o usuário 140 é maior do que um primeiro valor (tal como 10.000 m), o primeiro modo de operação é usado se a distância do sistema de posicionamento local 174 para o usuário 140 é menor do que um segundo valor (tal como 1000 m), e o terceiro modo de operação é usado se a distância do sistema de posicionamento local 174 para o usuário 140 está entre o primeiro valor predeterminado e o segundo valor predeterminado.

O processo 400 pode ser usado em muitas aplicações. Uma aplicação envolve uma extensão de um sistema de posicionamento local e/ou uma operação de RTK em áreas onde o enlace com o sistema de posicionamento local e/ou o enlace via rádio de RTK não pode ser mantido, mas onde o enlace de WADGPS está, pelo menos, de forma geral, disponível. Por exemplo, como mostrado na FIG. 5, o usuário ou objeto 140 pode ser um veículo de fazenda 510 se movendo nas linhas 520 em uma área 501 de colinas, com o receptor do usuário 142 preso ao veículo de fazenda ou a um equipamento de fazenda que é conectado ao veículo de fazenda. A área 501 inclui a área 503 que é visível da estação de referência 120 no sistema de RTK local 150 e áreas (sombreadas) 505 e 507 que não são visíveis da estação de referência 120. Porque o enlace de RTK está usualmente dentro do

sítio, os dados de RTK seriam perdidos sempre que o receptor de GPS do usuário 142 é movido da área 503 para a área 505 ou 507. Mas o enlace de dados entre o receptor do usuário 142 e o sistema de WADGPS 100 está, de forma geral, disponível porque é freqüentemente facilitado por satélites.

- 5 Inicializando as ambigüidades de flutuação no sistema de WADGPS 100 sempre que o enlace via rádio de RTK está disponível e o sistema de RTK 150 está operacional, a precisão da operação de RTK pode ser praticamente preservado durante aqueles intervalos quando o enlace de RTK é perdido.

- Enquanto o sistema de WADGPS 100 na FIG. 1 tem sido
10 usado na descrição acima, será apreciado que qualquer sistema regional, de ampla área, ou global que faz uso de medidas de fase de portadora dos satélites para propósitos de posicionamento e/ou navegação e assim sendo, requer determinar valores de ambigüidade associados com as medidas da fase podem também se beneficiar através do método 300 descrito acima.
15 Exemplos desses sistemas inclui o Starfire™ System desenvolvido por John Deere Company, e o sistema regional de GPS Diferencial Nacional de Alta Precisão (HA-ND) sendo desenvolvidos por várias agências governamentais do U.S.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para posicionar ou navegar um objeto associado com ambos, um sistema de posicionamento local e um sistema de posicionamento por satélite diferencial de área ampla, caracterizado pelo fato de compreender:

- determinar uma primeira posição do objeto de acordo com medidas de fase de portadora medidas usando o sistema de posicionamento por satélite diferencial de área ampla em um primeiro modo de operação; e

- determinar uma segunda posição do objeto de acordo com a informação recebida do sistema de posicionamento local em um segundo modo de operação.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a posição conhecida do objeto é usada para inicializar um valor de ambigüidade de flutuação nas medidas de fase de portadora.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a posição conhecida do objeto é a segunda posição.

4. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a posição conhecida do objeto é entrada através de um usuário.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o segundo modo de operação é usado se a comunicação com o sistema de posicionamento local está disponível.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o primeiro modo de operação é usado quando a comunicação com o sistema de posicionamento local está perdido e o segundo modo de operação é usado quando a comunicação com o sistema de posicionamento local está disponível de novo.

7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o segundo modo de operação é usado se a distância do sistema de posicionamento local para o objeto é menos do que um valor predeterminado.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o primeiro modo de operação é usado se a comunicação com o sistema de posicionamento local está perdido.

5 9. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o primeiro e o segundo modos de operação são usados substancialmente de forma simultânea, e a diferença entre a segunda posição e a primeira posição é usada para inicializar um valor de ambigüidade de flutuação nas medidas de fase de portadora.

10 10. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o primeiro e segundo modos de operação são usados substancialmente de forma simultânea, e a diferença entre a segunda posição e a primeira posição é usada para determinar uma terceira posição do objeto.

15 11. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda determinar uma terceira posição do objeto de acordo com a informação recebida de um receptor de referência local usando posicionamento cinemático em tempo real em um terceiro modo de operação.

20 12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o terceiro modo de operação é usado quando a comunicação com o sistema de posicionamento local está perdido e o segundo modo de operação é usado quando a comunicação com o sistema de posicionamento local está disponível de novo.

25 13. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o primeiro modo de operação é usado quando a comunicação com o receptor de referência local e o sistema de posicionamento local está perdido, o segundo modo de operação é usado quando a comunicação com o sistema de posicionamento local está disponível, e que o terceiro modo de operação é usado quando a comunicação com o receptor de referência local está disponível e a comunicação com o sistema de posicionamento local está perdida.

14. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o primeiro modo de operação é usada se a distância do sistema de posicionamento local para o objeto é maior do que um primeiro valor predeterminado, o segundo modo de operação é usado se a distância do sistema de posicionamento local para o objeto é menor do que um segundo valor predeterminado, e o terceiro modo de operação é usado se a distância do sistema de posicionamento local para o objeto é entre o primeiro valor predeterminado e o segundo valor predeterminado.

15. Meio legível de computador, caracterizado pelo fato de armazenar no mesmo instruções de programa legível de computador, que quando executadas através de um processador, faz com que o processador efetue um método para posicionar ou navegar um objeto associado com ambos, um sistema de posicionamento local e um sistema de posicionamento por satélite diferencial de área ampla, as instruções de programa compreendendo:

- instruções para determinar uma primeira posição do objeto de acordo com medidas de fase de portadora usando o sistema de posicionamento por satélite diferencial de área ampla em um primeiro modo de operação; e

- instruções para determinar uma segunda posição do objeto de acordo com a informação recebida do sistema de posicionamento local em um segundo modo de operação.

16. Receptor de navegação por satélite configurado para operar em um primeiro modo e um segundo modo de operação, caracterizado pelo fato de que no primeiro modo de operação uma primeira posição de um objeto é determinada de acordo com as medidas de fase de portadora usando um sistema de posicionamento por satélite diferencial de área ampla, e que no segundo modo de operação uma segunda posição do objeto é determinada de acordo com a informação recebida de um sistema de posicionamento local.

17. Receptor de navegação por satélite, caracterizado pelo fato

de compreender:

- uma memória;
- um processador; e
- um programa, armazenado na memória e executado pelo

5 processador, o programa incluindo:

- instruções para determinar uma primeira posição do objeto de acordo com as medidas de fase de portadora usando o sistema de posicionamento por satélite diferencial de área ampla; e

10 - instruções para determinar uma segunda posição do objeto usando o sistema de posicionamento local.

18. Receptor de navegação por satélite, caracterizado pelo fato de compreender um circuito integrado configurado para efetuar:

15 - operações para determinar uma primeira posição do objeto de acordo com as medidas de fase de portadora usando o sistema de posicionamento por satélite diferencial de área ampla; e

- operações para determinar uma segunda posição do objeto usando o sistema de posicionamento local.

19. Receptor de navegação por satélite, caracterizado pelo fato de compreender:

20 - um meio de memória;

- um meio de processador; e

- um meio de programa, armazenados em um meio de memória e executados através do meio de processador, para posicionar ou navegar um objeto, o meio de programa incluindo:

25 - instruções para determinar uma primeira posição do objeto de acordo com as medidas de fase de portadora usando o sistema de posicionamento por satélite diferencial de área ampla: e

- instruções para determinar uma segunda posição do objeto usando o sistema de posicionamento local.

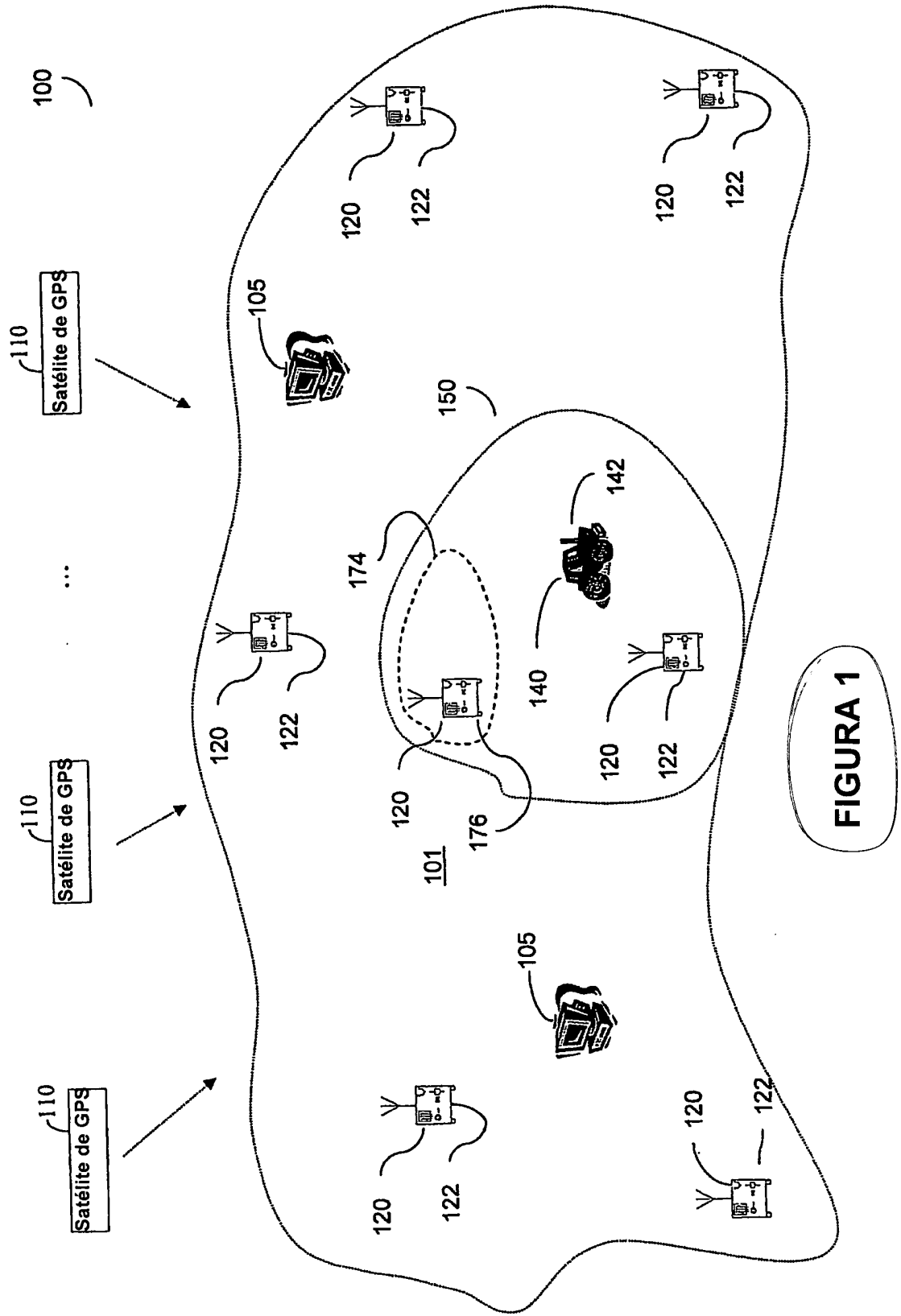


FIGURA 1

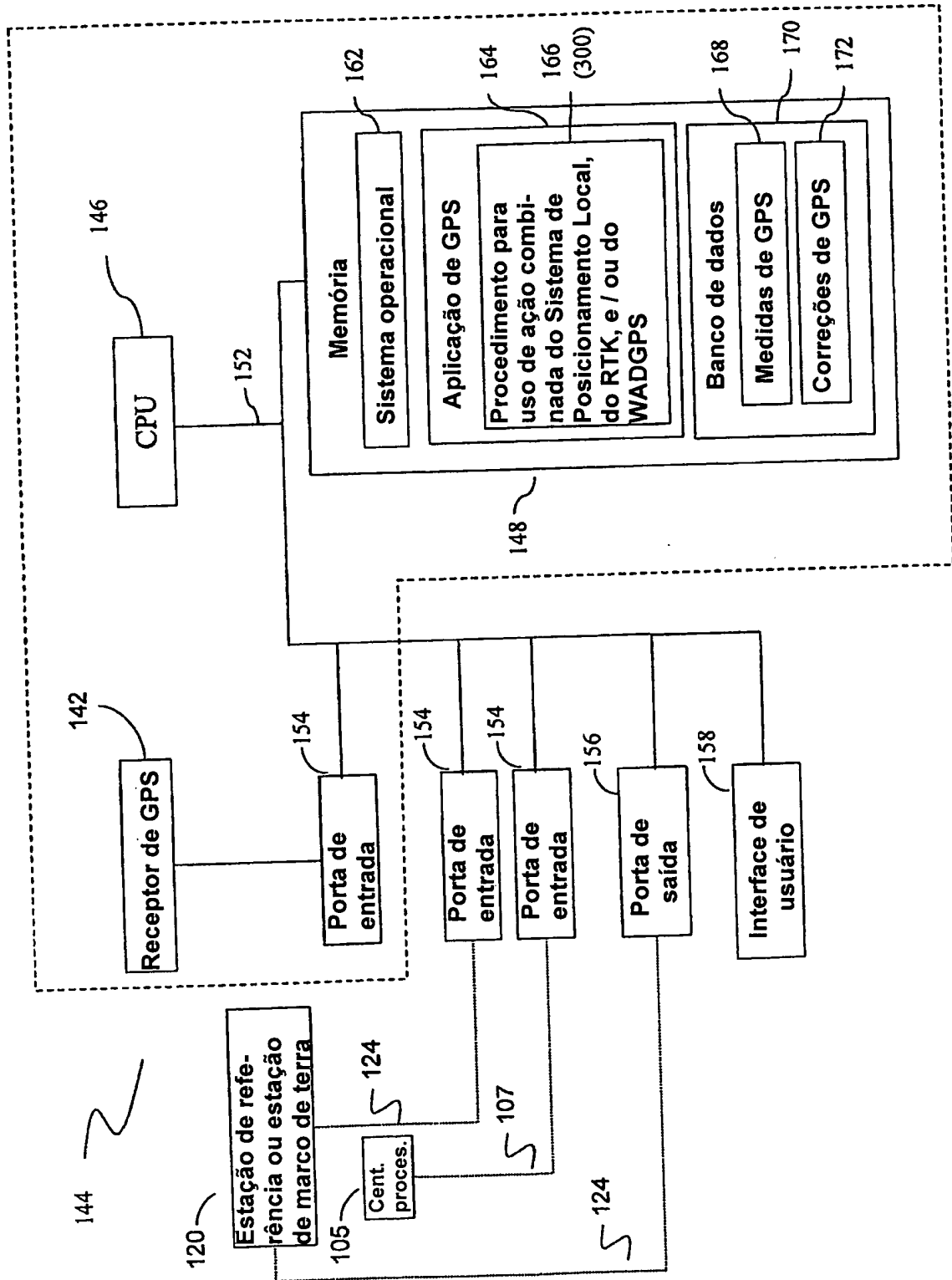


FIGURA 2

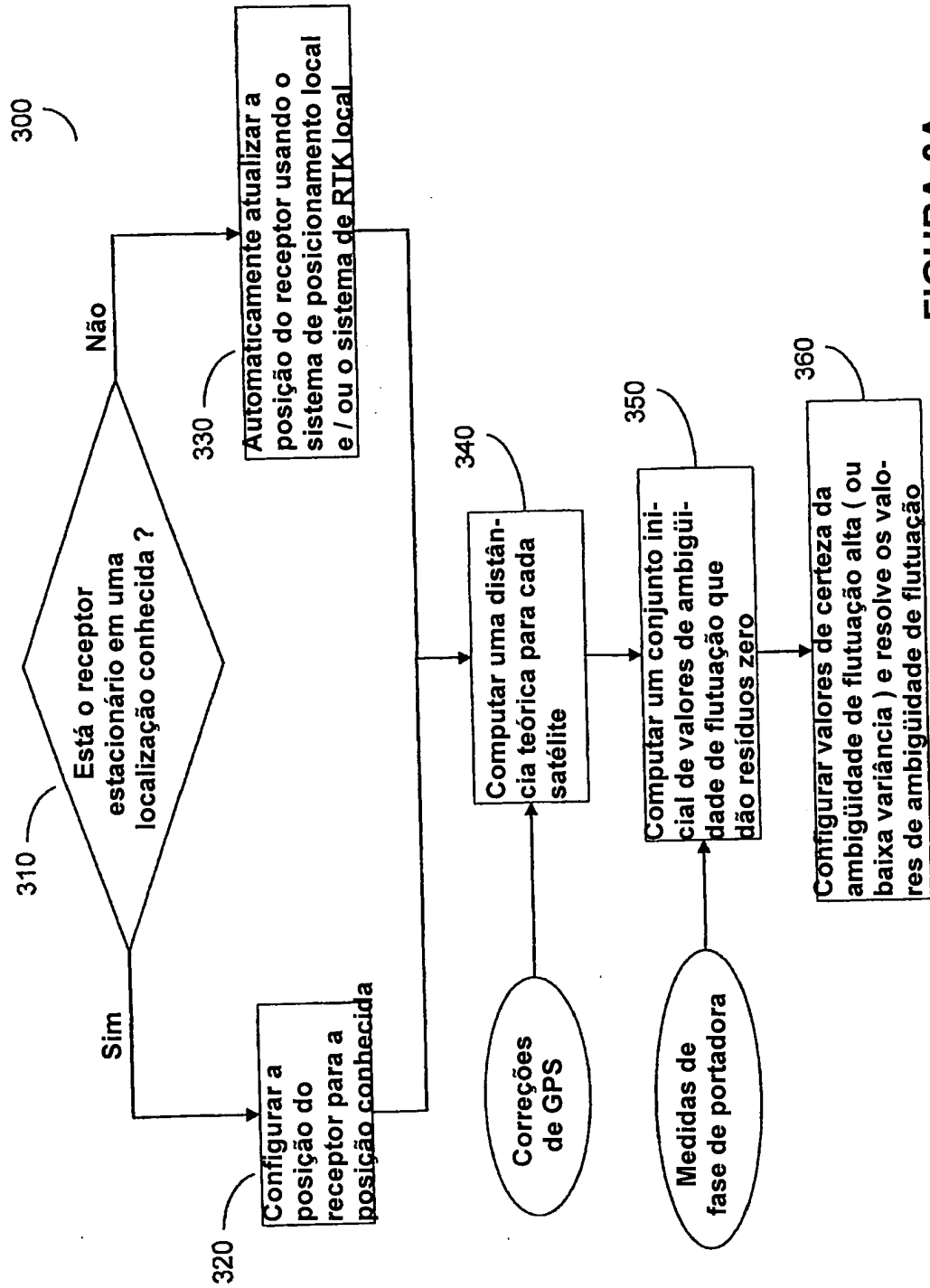


FIGURA 3A

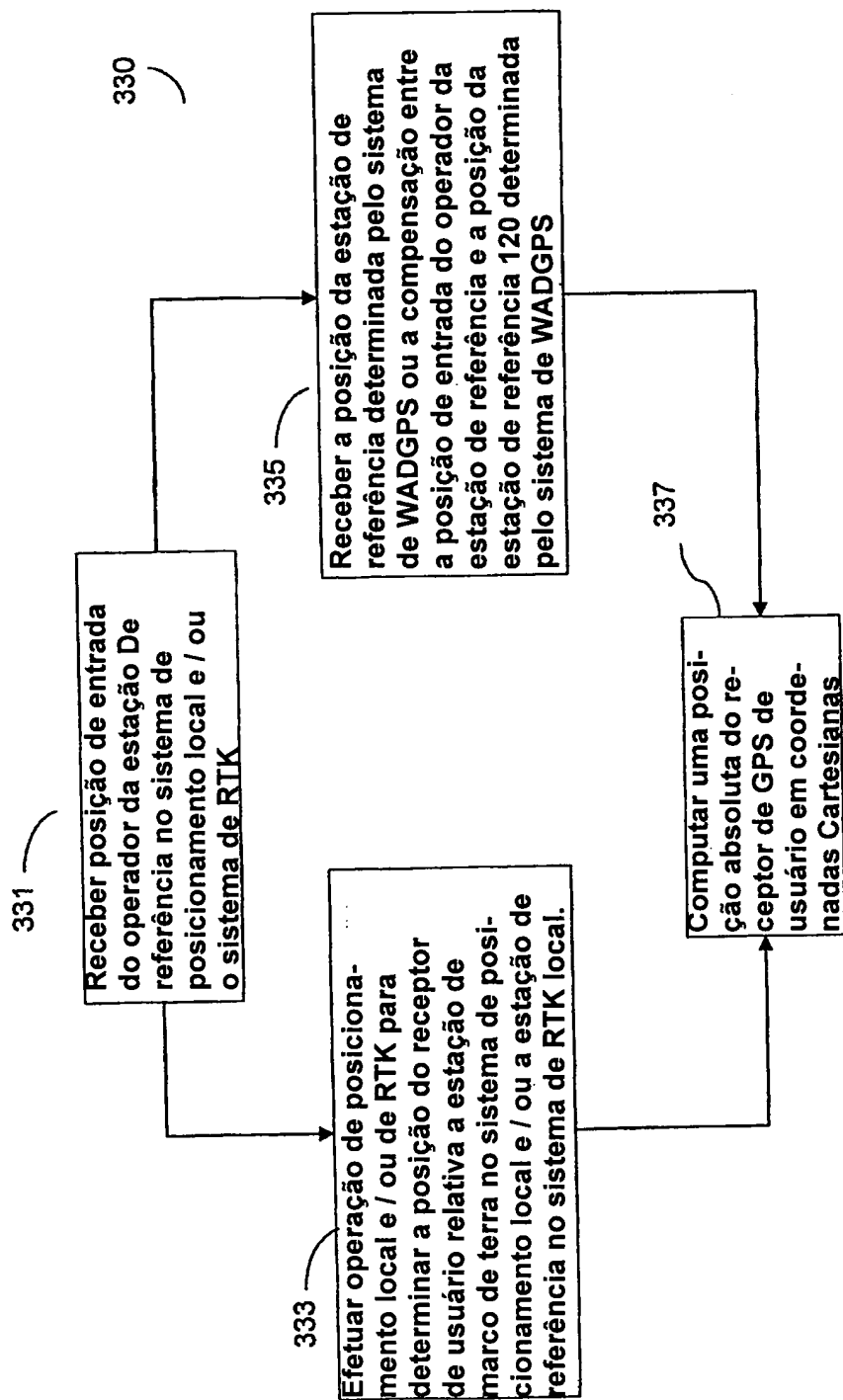


FIGURA 3B

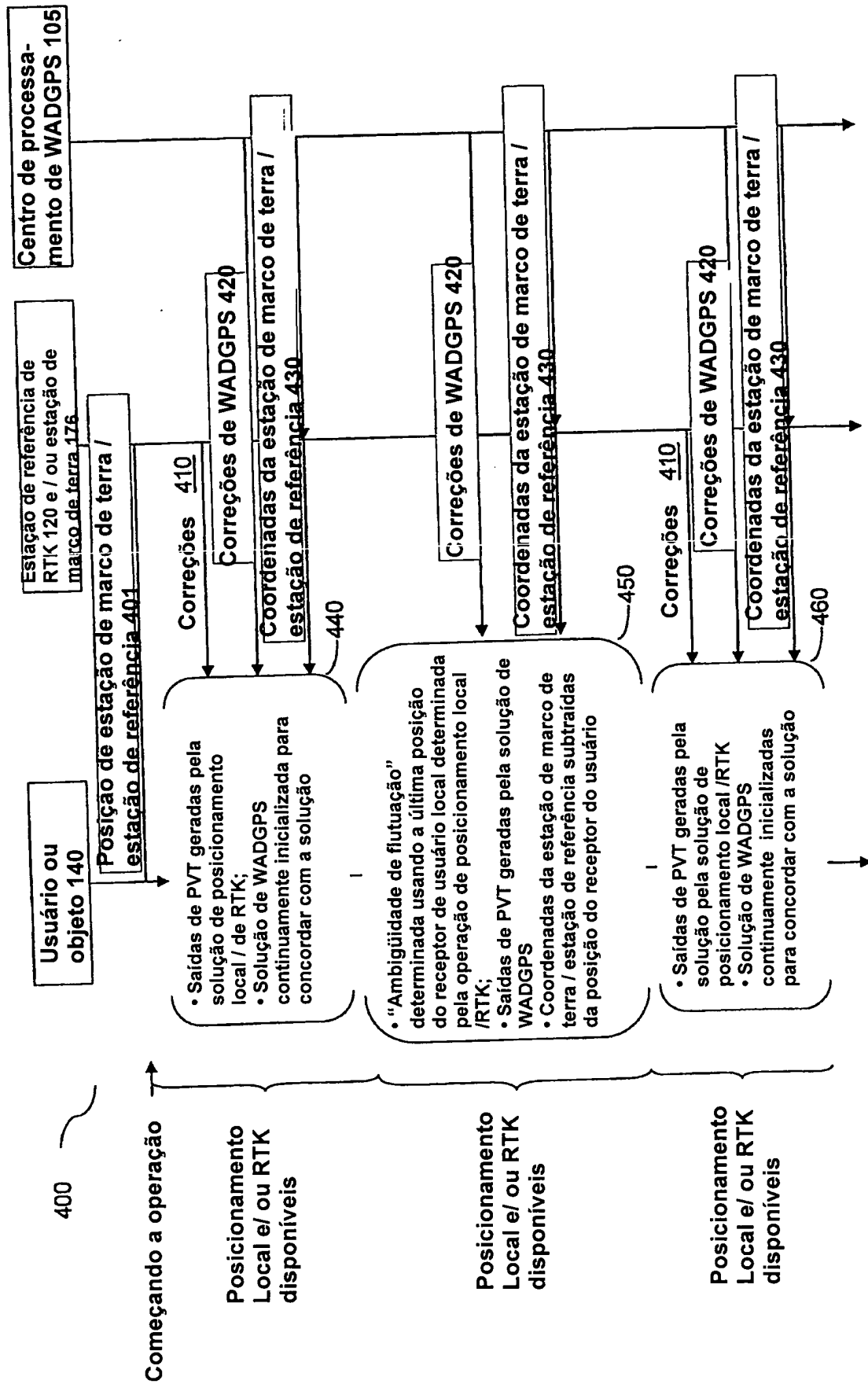


FIGURA 4A

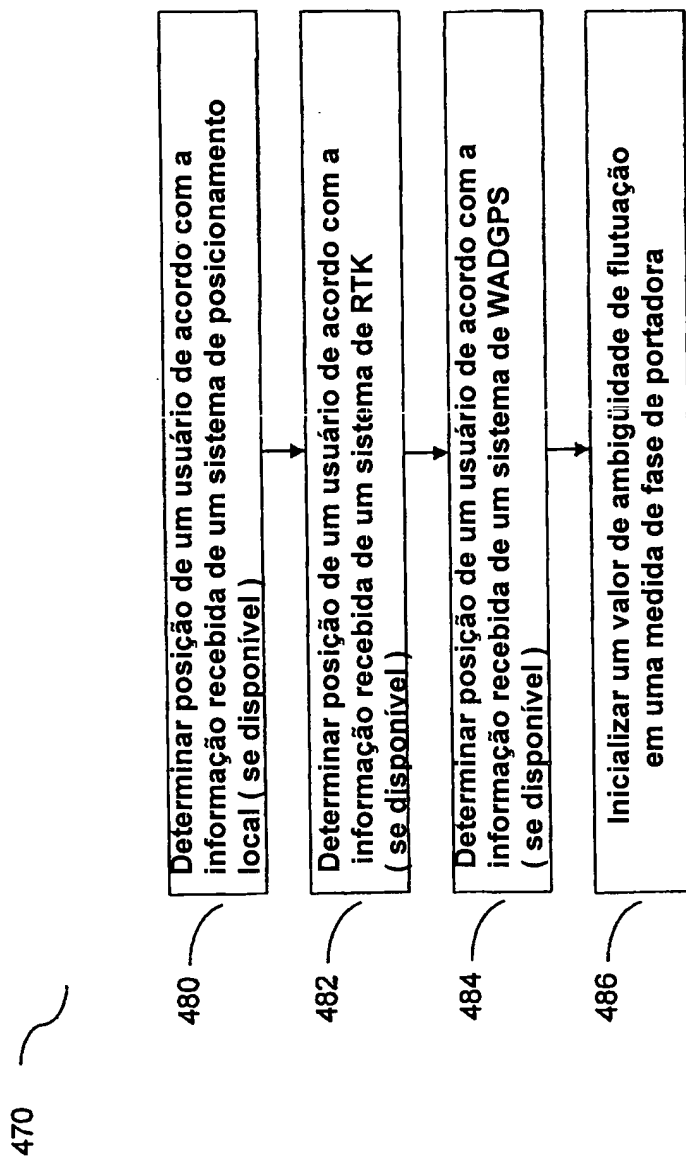


FIGURA 4B

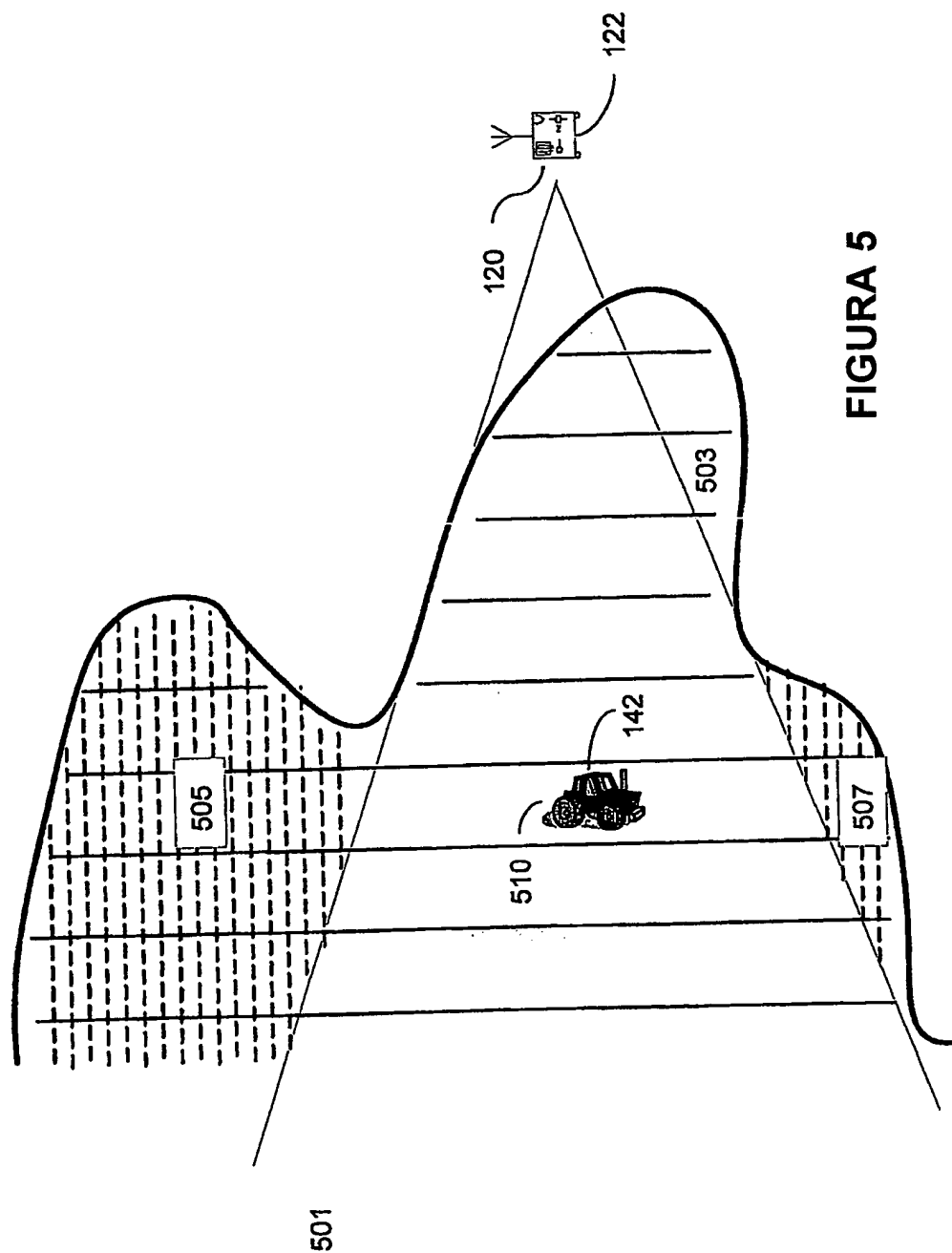


FIGURE 5

RESUMO

“MÉTODO PARA POSICIONAR OU NAVEGAR UM OBJETO ASSOCIADO COM AMBOS, UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO LOCAL E UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE
5 DIFERENCIAL DE ÁREA AMPLA, MEIO LEGÍVEL DE COMPUTADOR, E, RECEPTOR DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE”

A presente invenção inclui um método para um uso combinado de um sistema de posicionamento local (174), de um sistema de RTK local (150) e de um sistema de posicionamento por portadora de fase diferencial
10 regional, de área ampla, ou global (100) (WADGPS) no qual as desvantagens associadas com as técnicas de navegação do sistema de posicionamento local (174), do RTK (150) e do WADGPS (100) quando usadas, de forma separada, são evitadas. O método inclui usar uma posição conhecida de um receptor de usuário (142) que tem estado estacionário ou usando um sistema de Sistema
15 de RTK(150) para iniciar os valores de ambigüidade de flutuação no sistema de WADGPS (100) quando o receptor do usuário (142) é movido. Após isso, as medidas de portadora de fase de refração corrigida obtidas no receptor de GPS do usuário(142) são ajustadas incluindo os valores de ambigüidade de flutuação iniciais correspondentes e os valores de ambigüidade de flutuação
20 são tratados como bem conhecidos (variância pequena) nos processos subsequentes para posicionar o receptor do usuário(142) no sistema de WADGPS (100).