



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

(11) PI 0708496-0 B1



(22) Data do Depósito: 06/03/2007

(45) Data de Concessão: 18/02/2020

(54) Título: MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE POSIÇÃO COM COMBINAÇÃO DE MEDIÇÕES

(51) Int.Cl.: G01S 19/25; G01S 19/35; G01S 19/42.

(52) CPC: G01S 19/25; G01S 19/35; G01S 19/42.

(30) Prioridade Unionista: 06/03/2006 US 60/779,935.

(73) Titular(es): QUALCOMM INCORPORATED.

(72) Inventor(es): WYATT THOMAS RILEY; JOHN R. BLACKMER; DOMINIC GERARD FARMER; RAYMAN WAI PON.

(86) Pedido PCT: PCT US2007063428 de 06/03/2007

(87) Publicação PCT: WO 2008/019172 de 14/02/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 01/09/2008

(57) Resumo: MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE POSIÇÃO COM COMBINAÇÃO DE MEDIÇÕES Um dispositivo de comunicação móvel usa um método para determinação de posição que envolve um filtro de posicionamento, tal como um filtro de Kalman, o qual é inicializado com medições provenientes de estações de referência, tais como veículos de satélites e/ou estações base, que podem ser captadas durante diferentes tempos de referências. Assim sendo, o filtro de posicionamento pode ser usado para estimativa de posição sem a necessidade de primeiramente captar pelo menos três sinais diferentes durante o mesmo tempo de referência de medição.

**"MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE POSIÇÃO COM COMBINAÇÃO DE
MEDIÇÕES".**

Campo da Invenção

A presente invenção é relacionada a sistemas de posicionamento e, mais particularmente, à computação de soluções de posição para receptores móveis.

Descrição da Técnica Anterior

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) consiste de um sistema de navegação por satélites, ou um sistema de posicionamento por satélite, projetado para prover informações de posição, velocidade e tempo em qualquer local no mundo. O GPS foi desenvolvido pelo Ministério da Defesa dos Estados Unidos, e atualmente inclui uma constelação de vinte e quatro satélites operacionais.

Outros tipos de sistemas de navegação por satélites incluem o Sistema de Aumento de Área Ampla (WAAS - Wide Area Augmentation System), o sistema de satélites para navegação global (GLONASS) implantado pela Federação Russa, e o sistema Galileo planejado pela União Européia. Tal como utilizado aqui, "sistema de posicionamento por satélite" (SPS) será compreendido para se referir a GPS, Galileo, GLONASS, NAVSTAR, GNSS, a um sistema que utiliza satélites a partir de uma combinação de tais sistemas, sistemas de pseudo-satélites (pseudolite), ou qualquer SPS desenvolvido no futuro.

Uma diversidade de receptores foi projetada para decodificar os sinais transmitidos a partir dos satélites para determinar posição, velocidade ou tempo. De um modo geral, para decifrar os sinais e computar uma posição final, o receptor deve obter sinais provenientes dos satélites em visada, medir e rastrear os sinais recebidos, e recuperar dados de navegação a partir dos sinais. Através da medição precisa da distância de três satélites diferentes, o receptor triangula sua posição, isto é, obtém

uma solução para latitude, longitude e altitude. Especificamente, o receptor mede a distância através da medição do tempo requerido para cada sinal mover-se do respectivo satélite até o receptor. Isto requer informações de tempo precisas. Por esta razão, as medições provenientes de um quarto satélite são tipicamente requeridas para ajudar a solucionar os erros de medição de tempo comuns, por exemplo, erros criados pelas imprecisões dos circuitos de temporização dentro do receptor.

Em certas localizações, por exemplo, ambientes urbanos com edificações altas, o receptor pode ser capaz apenas de captar sinais provenientes de três ou menos satélites. Em tais casos, o receptor será incapaz de solucionar todas as quatro variáveis da solução de posição: latitude, longitude, altitude e tempo. Se o receptor for capaz de captar sinais provenientes de três satélites, por exemplo, o receptor pode dispensar o cálculo de altitude para solucionar latitude, longitude e tempo. Alternativamente, se a altitude for obtida através de meios externos, todas as quatro variáveis podem ser solucionadas a partir de três sinais de satélites. Se menos de três sinais estiverem disponíveis, o receptor pode ser incapaz de calcular sua posição.

Para lidar com esta limitação, muitos receptores empregam uma tecnologia de localização híbrida que faz uso de sinais provenientes de estações base de um sistema de comunicação sem fio. Como no caso de sinais de satélites, os receptores híbridos medem retardos de tempo dos sinais sem fio para medir distâncias a partir das estações base da rede. Os receptores híbridos utilizam os sinais provenientes das estações base, bem como quaisquer sinais obtidos provenientes de satélites GPS, para solucionar as variáveis de posição e tempo. A técnica de localização híbrida freqüentemente permite que um receptor compute uma solução de posição em uma ampla variedade de localizações

onde as técnicas de posicionamento convencionais falhariam. Nos sistemas móveis sem fio de acesso múltiplo por divisão de código (CDMA), por exemplo, esta parte de medição de estações base desta técnica híbrida é referenciada como 5 Trilateração de Enlace Direto Avançada (AFLT).

A precisão da solução de localização determinada pelo receptor é afetada pelo grau de precisão de tempo dentro do sistema. Nos sistemas sincronizados, tais como os sistemas CDMA existentes, a informação de temporização 10 comunicada pelas estações base celulares é sincronizada com a informação de temporização proveniente dos satélites GPS, permitindo que um tempo preciso esteja disponível em todo o sistema. Em alguns sistemas, tais como o Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM), a informação de 15 temporização não é sincronizada entre as estações base e os satélites GPS. Em tais sistemas, Unidades de Medição de Posição (LMUs) são adicionadas à infra-estrutura existente para prover informação de temporização precisa à rede sem fio.

20 Outra técnica que é comumente usada em sistemas e algoritmos para determinação de posição consiste do uso de filtros de Kalman. Como é bem conhecido, um filtro de Kalman (KF) consiste de um algoritmo de estimação de dados recursivo ideal. Este é freqüentemente usado para modelar 25 atributos de entidades móveis, tais como aeronaves, pessoas, veículos, etc. Tais atributos podem incluir, por exemplo, tanto velocidade como posição. O estado atual do sistema e uma medição atual são usados para estimar um novo estado do sistema. Na prática, um filtro de Kalman combina 30 todos os dados de medição disponíveis, mais o conhecimento anterior sobre o sistema, dispositivos de medição e estatísticas de erro para produzir uma estimativa das variáveis desejadas, de tal forma que o erro seja estatisticamente minimizado.

No passado, um filtro de Kalman usado dentro de um dispositivo de telecomunicações móvel requeria tipicamente certos parâmetros de inicialização provenientes de um receptor do sistema de posicionamento associado. Como 5 exemplo, quando um receptor GPS era usado, era típico que medições simultâneas provenientes de pelo menos três veículos de satélites diferentes fossem obtidas antes que o filtro de Kalman pudesse ser inicializado. Isto significa que em um tempo de referência (epoch) de medição, sinais 10 provenientes de pelo menos três veículos de satélites diferentes são recebidos e processados com sucesso pelo dispositivo de comunicação móvel. Tal exigência degrada o desempenho do dispositivo móvel, pois pode impor algo da ordem de dezenas de segundos para captar os sinais 15 provenientes de três veículos de satélites, especialmente em ambientes urbanos. Se os sinais necessários não forem obtidos, ou não forem obtidos no tempo apropriado, então a parte de determinação de posição do dispositivo móvel pode falhar na inicialização e pode não operar de forma 20 apropriada ou eficiente.

Dessa forma, a inicialização típica de um filtro de Kalman usado para a determinação de posição de uma unidade móvel requer que o estado inicial completo em um certo tempo t_0 seja primeiro obtido antes que as 25 informações de estado de posição atualizadas possam ser estimadas para tempos $t > t_0$. Tal restrição implica que para receptores GPS móveis em ambientes de sinal marginais, por exemplo, com obstruções variáveis no tempo em relação à linha de visada até os satélites, pode ser difícil ou 30 consumir tempo para captar simultâneas medições de alcance (isto é, dentro do mesmo tempo de referência), provenientes de pelo menos três satélites GPS necessários para a inicialização do filtro de Kalman. É altamente desejável o aperfeiçoamento do desempenho de determinação de posição 35 para receptores GPS móveis em ambientes de sinal adversos

em que a simultaneidade das medições de alcance pode não ocorrer em tempo hábil.

Assim sendo, permanece a necessidade de aperfeiçoamento das capacidades de determinação de posição 5 de dispositivos de comunicação móvel, e efetuar a mesma de forma tempestiva e eficiente.

Atenção adicional é descrita no documento US 6285316B1 que descreve um método e um sistema para encontrar a posição de uma unidade móvel com relação aos 10 satélites de uma rede de satélites, tal como o Sistema de Posicionamento Global e com relação às estações base de uma rede de comunicação sem fio. Se as estações base não forem mutuamente sincronizadas, unidades de referência são 15 providas para determinar os deslocamentos de tempo entre os relógios da estação base e o relógio da rede de satélite e para transmitir estes deslocamentos de tempo para a unidade móvel, de modo que todos os pseudo-alcances incluam a mesma polarização relativa ao relógio de rede de satélite. Os pseudo-alcances são processados e reconciliados por um 20 estimador dinâmico que inclui um estimador linear ideal, tal como um filtro de Kalman, para produzir estimativas sucessivas da localização da unidade móvel à medida que a unidade móvel se movimenta.

Resumo da Invenção

25 Um aspecto da presente invenção é relacionado a um método para estimar a posição de um dispositivo de comunicação móvel, compreendendo: semear (seed) um filtro de posicionamento com uma posição aproximada; atualizar o filtro de posicionamento com um primeiro conjunto de medições obtido durante um primeiro tempo de referência de 30 medição de um primeiro subconjunto de estações de referência, em que o primeiro subconjunto inclui menos do que três estações de referência diferentes; atualizar o filtro de posicionamento com um segundo conjunto de medições obtido durante um segundo tempo de referência de 35

medição de um segundo subconjunto de estações de referência; e determinar uma estimativa de posição para o dispositivo de comunicação móvel com base no filtro de posicionamento atualizado.

5 Outro aspecto da presente invenção é relacionado a um método para estimar a posição de um dispositivo de comunicação móvel, compreendendo: semear um filtro de posicionamento com uma posição aproximada; atualizar o filtro de posicionamento com um primeiro conjunto de 10 medições obtido durante um primeiro tempo de referência de medição de um primeiro subconjunto de fontes de pseudo-alcances, em que o primeiro subconjunto inclui menos do que três fontes de pseudo-alcances diferentes; atualizar o filtro de posicionamento com um segundo conjunto de 15 medições obtido durante um segundo tempo de referência de medição de um segundo subconjunto de fontes de pseudo-alcances; e determinar uma estimativa de posição para o dispositivo de comunicação móvel com base no filtro de posicionamento atualizado.

20 Outro aspecto da presente invenção é relacionado a um método para estimar a posição de um dispositivo de comunicação móvel, compreendendo: armazenar um conjunto de medições de pseudo-alcance provenientes de um conjunto de estações de referência, com marcação de horário (timestamp) 25 do tempo do relógio local; posteriormente estabelecer uma relação entre o tempo do relógio local com o tempo do sistema do veículo de satélite; determinar o tempo do sistema do veículo de satélite do conjunto de medições de pseudo-alcances armazenadas; e utilizar o conjunto de 30 medições de pseudo-alcances armazenadas, e o tempo de sistema do veículo de satélite de tal conjunto de medições para determinar a posição do dispositivo móvel.

Outro aspecto da presente invenção é relacionado a um método para estimar a posição de um dispositivo de 35 comunicação móvel, compreendendo: armazenar um conjunto de

medidas de pseudo-alcances provenientes de um conjunto de estações de referência; posteriormente determinar as informações de efemérides para as estações de referência; e utilizar o conjunto de medidas de pseudo-alcances 5 armazenado e as informações de efemérides recentemente determinadas para determinar a posição do dispositivo móvel.

Outro aspecto da presente invenção é relacionado a um método para estimar a posição de um dispositivo de 10 comunicação móvel que inclui as etapas de semear um filtro de posicionamento com uma posição aproximada; atualizar o filtro de posicionamento com uma primeira medida de pseudo-alcance obtida durante um primeiro tempo de referência de medida de um primeiro subconjunto de 15 estações de referência, em que o primeiro subconjunto inclui menos de três estações de referência diferentes; atualizar o filtro de posicionamento com uma segunda medida de pseudo-alcance obtida durante um segundo tempo de referência de medida de um segundo subconjunto de 20 estações de referência; determinar uma estimativa de posição para o dispositivo de comunicação móvel com base no filtro de posicionamento atualizado; e utilizar a retro-propagação para determinar o tempo para o primeiro 25 subconjunto e o segundo subconjunto.

Ainda outro aspecto da presente invenção é relacionado a um dispositivo de comunicação móvel, compreendendo: um primeiro receptor configurado para receber sinais relacionados a um sistema de posicionamento de satélites; um segundo receptor configurado para receber 30 sinais relacionados a uma rede de comunicação; um processador em comunicação com o primeiro e segundo receptores, o processador é configurado para: (a) semear um filtro de posicionamento com uma primeira medida de pseudo-alcance obtida durante um primeiro tempo de referência de medida de um primeiro subconjunto de 35

estações de referência do sistema de posicionamento por satélite, em que o primeiro subconjunto inclui menos do que três estações de referência diferentes; (b) atualizar o filtro de posicionamento com uma segunda medição de pseudo-
 5 alcance obtida durante um segundo tempo de referência de medição de um segundo subconjunto de estações de referência do sistema de posicionamento por satélite; e (c) determinar uma estimativa de posição para o dispositivo de comunicação móvel com base no filtro de posicionamento atualizado.

10 Deve ficar claro que outras modalidades ficarão claras para os técnicos na área através da descrição detalhada a seguir, em que várias modalidades são apresentadas e descritas apenas como ilustração. Os desenhos e a descrição detalhada devem ser considerados
 15 como sendo de natureza ilustrativa e não restritiva.

Breve Descrição dos Desenhos

Figura 1 - ilustra uma vista conceptual geral de um dispositivo móvel que comunica com uma rede de telefonia celular e um sistema de posicionamento baseado em
 20 satélites.

Figura 2 - ilustra partes de um dispositivo de comunicação móvel de acordo com os princípios da presente invenção.

Figura 3 - representa a linha de tempo de
 25 medições recebidas provenientes de vários veículos de um sistema de posicionamento por satélite.

Figura 4 - representa um fluxograma de um método exemplar para determinar uma posição de uma unidade móvel de acordo com os princípios da presente invenção.

30 Figura 5 - resume o aperfeiçoamento de desempenho utilizando simulação Monte Carlo agregada em múltiplas áreas.

Figura 6 - apresenta um detalhamento adicional do método aperfeiçoado de combinação do filtro de Kalman.

Figura 7 - apresenta um exemplo hipotético onde a sessão possui um tempo de expiração (timeout) de 16 segundos.

5 Figura 8 - ilustra uma situação hipotética onde
após apenas 2 satélites terem sido obtido, uma posição
semente aperfeiçoada pode ser obtida antes de ter três
medições de satélites diferentes.

10 Figura 9 - apresenta um caso hipotético onde o
tempo GPS não é obtido até cerca de 20 segundos após o
início da sessão.

Descrição Detalhada da Invenção

A descrição detalhada apresentada a seguir em conexão com os desenhos anexos destina-se a uma descrição de várias modalidades da presente invenção, mas não se destina a representar as únicas modalidades nas quais a presente invenção pode ser praticada. Cada modalidade descrita neste pedido é provida meramente como um exemplo ou ilustração da presente invenção, não devendo ser necessariamente considerada como preferida ou vantajosa em 15 relação a outras modalidades. A descrição detalhada inclui detalhes específicos com o propósito de prover uma completa compreensão da presente invenção. No entanto, ficará claro para os técnicos na área que a presente invenção pode ser praticada sem tais detalhes específicos. Em alguns casos, 20 estruturas e dispositivos bem conhecidos são apresentados na forma de diagramas em blocos de modo a evitar obscurecer os conceitos da presente invenção. Acrônimos e outras terminologias descritivas podem ser usados meramente por conveniência e clareza, não se destinando a limitar o 25 escopo da invenção. Além disso, para os propósitos da presente descrição, o termo "acoplado" significa "conectado a", e tal conexão pode ser direta, ou, quando apropriado no contexto, pode ser indireto, por exemplo, através de dispositivos ou outros meios intervenientes ou 30 intermediários.

Como representado na Figura 1, a unidade móvel 104 pode ter a forma de qualquer um dentre uma variedade de receptores móveis capazes de receber os sinais de navegação (por exemplo, sinais de navegação por satélite 110 ou 5 sinais de comunicação sem fio 112) provenientes de estações de referência, tais como veículos de satélites 106 e/ou estações base 108, para computar uma solução de posição. Os exemplos incluem um telefone móvel, um receptor de navegação portátil, um receptor montado dentro de um 10 veículo, tal como uma aeronave, automóvel, caminhão, tanque, embarcação e similares. As estações base 108 podem se comunicar com a unidade móvel 104 de acordo com qualquer um dentre vários protocolos de comunicação sem fio. Um protocolo de comunicação sem fio comum é o de acesso 15 múltiplo por divisão de código (CDMA) no qual múltiplas comunicações são simultaneamente conduzidas através de um espectro de radiofreqüência (RF). Em um ambiente CDMA, as técnicas podem ser consideradas como um mecanismo para Trilateração de Enlace Direto Avançada (AFLT) aperfeiçoada. 20 Outros exemplos incluem o Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM), que utiliza acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA) em banda estreita para comunicação de dados, e o Serviço Geral de Rádio Pacote (GPRS). Em algumas modalidades, a unidade móvel 104 pode integrar tanto um 25 receptor GPS como um dispositivo de comunicação sem fio para comunicação de voz ou dados. Dessa forma, embora o exemplo específico de um sistema GPS possa estar descrito no presente documento, os princípios e técnicas da presente invenção são aplicáveis a qualquer sistema de posicionamento 30 terrestre, tal como uma rede sem fio.

A unidade móvel 104 emprega técnicas para computar uma solução de posicionamento com base nos sinais 110, 112, recebidos provenientes dos satélites 106 e 35 estações base 108, respectivamente. A unidade móvel 104

capta os sinais 110 provenientes dos satélites 106 em visada, e mede a distância até cada satélite por medição do tempo requerido para cada sinal se mover do respectivo receptor de satélite até a unidade móvel 104, para 5 determinar a medição de pseudo-alcance. De forma similar, a unidade móvel 104 pode também receber sinais 112 provenientes de estações base 108 do sistema de comunicação sem fio 107, e medir as distâncias das estações base 108 com base no tempo requerido para que cada sinal sem fio 10 mover das estações base até a unidade móvel. A unidade móvel 104 tipicamente soluciona as variáveis de posição e tempo com base nas medições.

A Figura 2 representa um diagrama em blocos de partes de um dispositivo de comunicação móvel 104 de acordo 15 com os princípios da presente invenção, que estão relacionadas à determinação de posição para a unidade móvel 104. A unidade móvel 104 pode incluir uma antena 220 configurada para receber sinais provenientes de um sistema de navegação por satélite ou sistema de posicionamento por 20 satélite e outra antena 206 configurada para receber sinais provenientes de uma rede de comunicação terrestre. Tais sinais são providos a um processador 202 que inclui tanto componentes de software como de hardware para prover uma funcionalidade de processamento de sinal com relação aos 25 sinais. Em particular, um filtro de Kalman 204 é implementado como parte da unidade móvel 104 para auxiliar às funções de determinação de posição da unidade móvel 104.

Como é bem conhecido pelos técnicos na área, um filtro de posicionamento, tal como um filtro de Kalman 204, 30 recebe medições de entrada e implementa um algoritmo para estimar variáveis desejadas com base nas medições de entrada e no estado histórico do sistema. Uma memória, embora não mostrada, é freqüentemente utilizada para armazenar informações de estado, e valores de matriz de 35 covariância para o filtro de Kalman que provê uma medida de

erro, ou acerto, das estimativas de estado providas pelo filtro de Kalman.

A unidade móvel 104 pode ser, por exemplo, um telefone celular ou dispositivo de comunicação móvel similar. Assim sendo, existem blocos funcionais e dispositivos adicionais que fazem parte da unidade móvel 104 que não são representados na Figura 2. Tais blocos e/ou dispositivos adicionais estão tipicamente relacionados ao processamento de sinais recebidos das antenas 206, 220, ao provimento de uma interface de usuário, ao provimento de comunicações de fala, ao provimento de comunicações de dados, e a outras capacidades similares. Muitos destes blocos funcionais e dispositivos não estão diretamente relacionados à determinação de posição e, portanto, não são incluídos de modo a não obscurecer os princípios da presente invenção.

Como brevemente explanado acima, os sinais são tipicamente recebidos provenientes de veículos de satélites pela antena 220. Tais sinais são a seguir decodificados e processados em informações de posição utilizando técnicas e algoritmos bem conhecidos. No passado, sinais provenientes de pelo menos três satélites eram requeridos durante um único tempo de referência de medições de modo a gerar um fixo de posição, usando um modelo de Mínimos Quadrados Ponderado (WLS), que pudesse ser usado para inicializar o filtro de Kalman 204. Uma vez inicializado o filtro de Kalman, então este pode continuar a produzir estimativas de posição com base nas medições de GPS que ocorram posteriormente. A Figura 3 representa este cenário em que medições GPS 302 (provenientes de 1, 2, ou 3 satélites) são recebidas durante tempo de referências de medição 300 individuais e nenhuma das medições mais precoces inclui sinais simultâneos provenientes de três veículos de satélites diferentes. Dessa forma, muito embora os sinais que incluem informações de posição estejam sendo obtidos

constantemente, o filtro de Kalman da técnica anterior não era capaz de ser inicializado até que as medições GPS provenientes de três satélites diferentes durante um único tempo de referência de medição (o que ocorre no instante 5 306).

Em contraste, as modalidades da presente invenção usam informações de posicionamento obtidas durante diferentes tempos de referências de medição para inicializar um filtro de Kalman. Dessa forma, três medições 10 diferentes provenientes de múltiplos tempos de referência de medição não-simultâneos estão disponíveis no instante 304 (muito mais cedo do que no instante 306) e o filtro de Kalman é capaz de prover um fixo de boa qualidade em tal ponto mais precoce. A explanação anterior se baseava na 15 hipótese de que apenas três sinais de medição de satélite são necessários para gerar um fixo de posição de um receptor. Tal hipótese se baseia em informações de altitude estando disponíveis a partir de fontes alternativas, tais como a rede de comunicação ou similares. Alternativamente, 20 se não houver informação de altitude disponível, então o mesmo princípio se aplica a quatro satélites, ao invés de três.

Mesmo antes que medições de posicionamento de três satélites estejam disponíveis, as modalidades da 25 presente invenção podem utilizar duas medições para melhorar significativamente uma posição inicial. Como exemplo, o uso de medições provenientes de dois satélites pode prover uma estimativa de posição horizontal que é tipicamente pelo menos 30 % mais precisa do que a posição 30 inicial, freqüentemente dentro de 100 a 500 metros.

A Figura 4 apresenta um fluxograma de um método exemplar para uso de diferentes medições de satélites para prover informações de posição de acordo com os princípios da presente invenção. Na etapa 402, a unidade móvel inicia 35 pela captação de quaisquer informações de auxílio de

posição que estejam disponíveis a partir da rede de comunicação ou da memória. Como exemplo, a altitude dentro de 50 metros pode estar disponível, assim como a posição dentro de algumas centenas de metros, caso esteja presente 5 um sistema auxiliado por GPS. A seguir, na etapa 404, tais informações são usadas para semear o estado do filtro de Kalman e a matriz de covariância. O filtro de Kalman é projetado para prover uma predição de posição e velocidade, bem como corrigir uma predição anterior, de forma a prover 10 posição e velocidade atuais. Dessa forma, a rede de comunicação, a memória do dispositivo, ou outras fontes poderiam prover a posição inicial e estimativas de erro que semeiam o filtro de Kalman.

A seguir, na etapa 406, o estado do filtro de 15 Kalman e a matriz de covariância são atualizados com quaisquer informações de posição obtidas a partir de qualquer veículo de satélite. Como exemplo, se a posição da unidade móvel dentro de uma parte relativamente pequena da terra (por exemplo, um setor de célula de uma rede sem fio) 20 for conhecida, então as informações de pseudo-alcance provenientes de dois satélites podem ser usadas para identificar um segmento de linha reta relativamente curto sobre o qual a unidade móvel está localizada. Como parte de operação inerente do filtro de Kalman, as matrizes de 25 covariância são automaticamente atualizadas para refletir uma nova estimativa de erro para os valores preditos. Dessa forma, o filtro de Kalman provê uma estimativa, por exemplo na etapa 408, da latitude e longitude da unidade móvel, juntamente com uma estimativa do erro ou incerteza. A 30 altitude da unidade móvel é também provida pelo filtro de Kalman. A etapa 409 provê um teste para determinar se os erros estimados atendem às exigências do aplicativo. Se sim, prosseguir para a etapa 410 e prover a latitude, longitude e altitude estimadas para o aplicativo. Se não, 35 retornar para a etapa 406. Os técnicos na área reconhecerão

que várias manipulações matemáticas e transformações de coordenadas podem ser efetuadas para assegurar que as informações carregadas e atualizadas no estado e matrizes de covariância estejam em um formato apropriado.

5 A Figura 5 resume a melhoria de desempenho pelo uso de simulação de Monte Carlo agregada em múltiplas áreas. O erro horizontal (HE) para o 68° percentil melhora de 333 m para WLS para 124 m para a combinação de KF. O HE para o 95° percentil melhora de 942 m para WLS para 838 m
10 para a combinação de KF.

15 Fazendo novamente uma breve referência à Figura 3, as medições GPS provenientes de tempo de referências subseqüentes podem ser usadas para refinar a estimativa (via o filtro de Kalman), mesmo quando dados provenientes de outros satélites não estejam disponíveis. Dessa forma, por exemplo, duas medições adjacentes provenientes do veículo de satélite "1" podem ser usadas pelo filtro de Kalman, muito embora nenhuma outra informação proveniente de outro satélite esteja disponível. Eventualmente, quando 20 informações provenientes de satélites adicionais forem obtidas, a estimativa do filtro de Kalman pode ser apropriadamente atualizada apesar de tais medições não terem sido recebidas durante o mesmo tempo de referência de medição. Finalmente, após atualizações suficientes, o 25 filtro de Kalman será capaz de predizer posição e velocidade dentro de um nível de incerteza aceitável para o aplicativo.

30 A Figura 6 apresenta um detalhamento adicional do método de combinação de filtro de Kalman aperfeiçoado. O diagrama superior ilustra um cenário de linha de tempo de medição GPS convencional para um receptor móvel, onde o filtro de Kalman não pode ser inicializado até que pelo menos três medições GPS simultâneas estejam disponíveis. Um fixo de posição WLS usando três satélites é necessário para 35 iniciar o processo de estimação KF, o qual, neste exemplo

hipotético, ocorre quase 30 segundos após o início da sessão. Subseqüentemente, o KF continua a atualizar fixos de posição, mesmo com menos de três medições de satélites disponíveis em um dado tempo de referência. Em contraste, o 5 diagrama inferior apresenta um cenário de linha de tempo de medições GPS da invenção, onde o filtro de Kalman pode produzir uma solução de posição com qualidade típica GPS com três medições GPS não-simultâneas, utilizando capacidades de "combinação" da presente invenção. Em tal 10 caso, o processo de estimação KF inicia cerca de 10 segundos após o início da sessão quando pelo menos três satélites foram observados com sucesso, embora em tempos de referências diferentes. Além disso, após tal inicialização bem sucedida, o KF continua a atualizar fixos de posição, 15 mesmo com menos de três medições de satélites disponíveis em um dado tempo de referência.

Dessa forma, o método de combinação de KF melhorado, acima ilustrado, provê o potencial para reduzir em muito o tempo para o primeiro fixo para receptores GPS 20 móveis em ambientes de sinal desvantajosos. Além disso, como foi acima mencionado, também pode ser obtida melhor precisão de posicionamento horizontal.

Outra vantagem da presente invenção consiste de um aperfeiçoamento do rendimento da solução em ambientes de 25 sinais desfavoráveis. Como exemplo, a Figura 7 apresenta o mesmo exemplo hipotético da Figura 6, com a adição do tempo de expiração de sessão hipotético de 16 segundos. O fixo de posição convencional baseado em uma estimativa WLS não alcançará uma posição válida antes do tempo de expiração do 30 fixo devido a seu retardo de quase 30 segundos. Por outro lado, o fixo de posição inicial com base na combinação de KF da presente invenção pode obter um fixo válido abaixo do limite do tempo de expiração. Dessa forma, o presente método pode propiciar uma maior probabilidade de um fixo de

posição bem sucedido para receptores GPS móveis em ambientes de sinal difíceis.

Outro aspecto da presente invenção consiste da melhoria na incerteza da posição semente usando a linha de posição de 2 GPS. A Figura 8 ilustra uma situação hipotética em que após apenas 2 satélites terem sido obtidos, uma posição semente melhorada pode ser obtida antes de ter três medições de satélites diferentes. Tal recurso é baseado na propriedade geométrica de que no posicionamento tridimensional, a posse de duas medições de pseudo-alcances válidas mais a altitude resulta em uma linha unidirecional de solução de posição. Esta solução tem apenas um grau de liberdade residual comparado ao fixo de posição completo, que resulta em uma incerteza linear reduzida, e uma incerteza de área substancialmente reduzida, em comparação à posição semente.

Outro exemplo dos benefícios da presente invenção é que se o tempo GPS preciso não estiver disponível no início da seção, pode-se utilizar a retro-propagação para aproveitar medições anteriores armazenadas após o tempo GPS preciso (abaixo de milissegundos) ser obtido. Como exemplo, a Figura 9 apresenta um caso hipotético em que o tempo GPS não é obtido até cerca de 20 segundos após o início da sessão. Dito de outra forma, o primeiro conjunto de medições de alcances GPS pode ser obtido e salvo, porém não usado imediatamente, devido à falta de informações do tempo GPS. Uma vez solucionado o tempo GPS, uma relação é estabelecida entre o tempo do relógio local e o tempo GPS, e então as medições GPS previamente salvas podem ser associadas ao tempo GPS correto e o processamento de retro-propagação pode ser usado para recuperar os dados armazenados previamente para aperfeiçoamento da determinação de posição. Dessa forma, a retro-propagação permite ao receptor GPS explorar completamente todas as medições de satélites GPS válidas, mesmo se o tempo GPS não

for obtido imediatamente, resultando em rendimento e precisão melhorados.

Outro exemplo dos benefícios da presente invenção é que se os dados de efemérides de satélites precisos não 5 estiverem disponíveis no início da sessão, pode-se utilizar a retro-propagação para aproveitar medições anteriores armazenadas após efemérides precisas serem obtidas. Uma vez que os dados de efemérides forem obtidos, a posição do satélite é conhecida e as medições GPS previamente salvas 10 podem ser associadas aos dados de efemérides de satélites corretos e o processamento de retro-propagação pode ser usado para recuperar os dados previamente armazenados para aperfeiçoamento da determinação de posição. Dessa forma, a retro-propagação permite ao receptor GPS aproveitar 15 completamente todas as medições de satélites GPS válidas, mesmo se os dados de efemérides de satélites não forem obtidos imediatamente, resultando em rendimento e precisão melhores.

Na prática, a informação de posição do filtro de 20 Kalman é provida, na etapa 410, para um ou mais aplicativos que podem estar em execução na unidade móvel. Como exemplo, serviços baseados em localização, tal como meteorologia localizada podem utilizar estimativas de posição com incerteza próxima a um quilômetro ou mais. Em contraste, 25 serviços do tipo "911" podem exigir que a certeza das estimativas de posição estejam próximas a 50 metros ou menos. Assim sendo, ambas as estimativas de posição (e velocidade) podem ser providas a aplicativos juntamente com quaisquer estimativas de incerteza ou erro. Dessa forma, 30 cada aplicativo pode escolher se a estimativa de posição do filtro de Kalman é suficiente ou não para as suas exigências.

As técnicas aqui descritas para difusão de diferentes tipos de transmissão através do ar podem ser 35 implementadas por vários meios. Como exemplo, tais técnicas

podem ser implementadas em hardware, software, ou uma combinação destes. Para uma implementação em hardware, as unidades de processamento em uma estação base usadas para difundir diferentes tipos de transmissão podem ser 5 implementadas dentro de um ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), processadores de sinal digital (DSPs), dispositivos processadores de sinal digital (DSPDs), dispositivos lógicos programáveis (PLDs), conjuntos de porta programáveis em campo (FPGAs), 10 processadores, controladores, micro-controladores, microprocessadores, outras unidades eletrônicas projetadas para efetuar as funções aqui descritas, ou uma combinação destes. As unidades de processamento em um dispositivo sem fio usadas para receber diferentes tipos de transmissão 15 podem também ser implementadas em um ou mais ASICs, DSPs e assim por diante.

Para uma implementação em software, as técnicas aqui descritas podem ser implementadas por meio de módulos (por exemplo, procedimentos, funções e assim por diante) 20 que efetuam as funções aqui descritas. Os códigos de software podem ser armazenados em unidades de memória e executados por um processador. A unidade de memória pode ser implementada dentro do processador ou externa ao processador, neste caso esta pode estar comunicativamente 25 acoplada ao processador através de vários meios como é de conhecimento na técnica.

A descrição anterior é provida para permitir que os técnicos na área façam uso das várias modalidades aqui descritas. Várias modificações a estas modalidades ficarão 30 prontamente claras para os versados na técnica e os princípios genéricos aqui definidos podem ser aplicados a outras modalidades.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para estimar um fixo de posição utilizando um filtro de Kalman (204) implementado em um dispositivo de comunicação móvel (104) compreendendo um receptor de sistema de posicionamento por satélite (SPS) e um processador (202), o método caracterizado pelo fato de que compreende:

iniciar uma sessão de medição que utiliza o receptor SPS e o processador (202);

10 captar um primeiro conjunto de medição de pseudo-alcances, durante um primeiro tempo de referência de medição, correspondendo aos alcances respectivos a partir de um primeiro subconjunto de estações de referência para o dispositivo de comunicações móveis (104), o primeiro tempo de referência de medição incluindo um início da sessão de medição, o primeiro subconjunto sendo menos que três estações de referência;

20 inicializar o filtro de Kalman (204), utilizando pelo menos o primeiro conjunto de medição de pseudo-alcance, antes de captar medições simultâneas no dispositivo de comunicações móveis (104) de sinais a partir de pelo menos três estações de referência diferentes durante o mesmo tempo de referência de medição;

25 captar um segundo conjunto de medição de pseudo-alcances, durante um segundo tempo de referência de medição, correspondendo aos alcances respectivos a partir de um segundo subconjunto de estações de referência para o dispositivo de comunicações móveis (104), durante um segundo tempo de referência de medição que é subsequente ao primeiro tempo de referência de medição, o segundo subconjunto de estações de referência incluindo pelo menos uma estação de referência não incluída no primeiro subconjunto de estações de referência; e

estimar um fixo de posição do dispositivo de comunicações móveis (104), compreendendo atualizar o filtro de Kalman (204) inicializado utilizando pelo menos o segundo conjunto de medição de pseudo-alcance, antes de 5 captar medições de pseudo-alcance simultâneas a partir de pelo menos três estações de referência diferentes durante o mesmo tempo de referência de medição.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o primeiro subconjunto 10 estações de referência e o segundo subconjunto de estações de referência não compartilham uma estação de referência de veículo de satélite comum.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o primeiro subconjunto 15 estações de referência e o segundo subconjunto de estações de referência compartilham pelo menos uma estação de referência de veículo de satélite comum.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente: 20 receber, no dispositivo de comunicações móveis (104), informação de assistência de posição a partir de uma rede de comunicação celular;

a inicialização do filtro de Kalman (204) sendo configurada para utilizar pelo menos uma porção da 25 informação de assistência de posição em combinação com o primeiro conjunto de medição de pseudo-alcance, antes de captar medições simultâneas no dispositivo de comunicações móveis (104) de sinais a partir de pelo menos três estações de referência diferentes durante o mesmo tempo de 30 referência de medição; e

a estimativa do fixo de posição do dispositivo de comunicações móveis (104) sendo configurada para estimar a

posição como uma posição tridimensional, atualizando o filtro de Kalman (204) inicializado.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a rede de comunicações celular é configurada para incluir uma rede CDMA.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fixo de posição tridimensional inicial estimado é configurado para incluir um valor de localização e um valor de incerteza.

10 7. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que inicializar o filtro de Kalman (204) comprehende:

semejar uma porção de um vetor de estado do filtro de Kalman (204) com pelo menos uma porção do primeiro 15 conjunto de medição de pseudo-alcance e pelo menos uma porção da informação de assistência de posição recebida.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que comprehende adicionalmente:

20 semejar (404) uma porção de uma matriz de covariância do filtro de Kalman (204) com pelo menos uma porção da informação de assistência de posição recebida em combinação com o primeiro conjunto de medição e pseudo-alcance.

9. Método, de acordo com a reivindicação 7, 25 caracterizado pelo fato de que o primeiro conjunto de medição de pseudo-alcance comprehende uma medição de pseudo-alcance que é relacionada ao Sistema de Posicionamento Global.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, 30 caracterizado pelo fato de que comprehende adicionalmente:

refinar o fixo de posição estimado do dispositivo de comunicações móveis (104) comprehende atualização subsequente do filtro de Kalman (204), com conjuntos de

medição de pseudo-alcance subsequentes captados no dispositivo de comunicações móveis, correspondendo aos alcances respectivos a partir de qualquer uma de uma pluralidade de estações de referência durante um ou mais 5 tempos de referência de medição subsequentes ao segundo tempo de referência de medição.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o primeiro conjunto de estações de referência e segundo conjunto de estações de 10 referência são veículos de satélites (106).

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente:

determinar se um valor de incerteza associado com o fixo de posição atende uma exigência de incerteza 15 associada com um aplicativo executando no dispositivo de comunicações móveis (104); e

prover o fixo de posição e o valor de incerteza associado ao mesmo para o aplicativo executando no dispositivo de comunicações móveis (104) em resposta ao 20 valor de incerteza associado com o fixo de posição atendendo a exigência de incerteza associada com o aplicativo.

13. Método, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente:

25 determinar que o primeiro valor de incerteza associado com o fixo de posição não atende uma exigência de incerteza associada com um aplicativo executando no dispositivo de comunicações móveis (104);

determinar que um segundo valor de incerteza 30 associado com o fixo de posição refinado atende uma exigência de incerteza associada com um aplicativo executando no dispositivo de comunicações móveis (104); e

prover (410) o fixo de posição refinado e o segundo valor de incerteza para o aplicativo executando no dispositivo de comunicações móveis (104).

14. Dispositivo de comunicação móvel,
5 caracterizado pelo fato de que compreende:

um filtro de Kalman (204);
um primeiro receptor, configurado para receber sinais (110) relacionados a um sistema de posicionamento por satélite;

10 um segundo receptor, configurado para receber sinais (112) relacionados a uma rede de comunicações; e
um processador (202), adaptado para comunicar com o primeiro e segundo receptores, o processador (202) sendo adaptado adicionalmente para:

15 iniciar uma sessão de medição;
captar, utilizando o primeiro receptor, um primeiro conjunto de medição de pseudo-alcances durante um primeiro tempo de referência de medição, correspondendo aos alcances respectivos a partir de um primeiro subconjunto de 20 estações de referência, do sistema de posicionamento por satélite, para o dispositivo de comunicações móveis (104), o primeiro tempo de referência de medição incluindo um início da sessão de medição;

25 inicializar o filtro de Kalman, utilizando pelo menos o primeiro conjunto de medição de pseudo-alcance, antes de captar medições simultâneas de sinais a partir de pelo menos três estações de referência diferentes durante o mesmo tempo de referência de medição;

30 captar, utilizando o primeiro receptor, um segundo conjunto de medição de pseudo-alcances durante um segundo tempo de referência de medição, correspondendo aos alcances respectivos a partir de um segundo subconjunto de estações de referência, do sistema de posicionamento por

satélite, para o dispositivo de comunicações móveis (104), o segundo tempo de referência de medição sendo subsequente ao primeiro tempo de referência de medição, e o segundo subconjunto de estações de referência compreendendo pelo 5 menos uma estação de referência que não está incluída no primeiro subconjunto de estações de referência; e

estimar um fixo de posição do dispositivo de comunicações móveis (104), compreendendo atualizar o filtro de Kalman (204) inicializado utilizando pelo menos o 10 segundo conjunto de medição de pseudo-alcance, antes de captar medições de pseudo-alcance simultâneas a partir de pelo menos três estações de referência diferentes do sistema de posicionamento por satélite durante o mesmo tempo de referência de medição.

15 15. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o primeiro subconjunto de estações de referência e o segundo subconjunto de estações de referência não compartilham uma estação de referência de veículo de satélite comum.

20 16. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o primeiro subconjunto de estações de referência e o segundo subconjunto de estações de referência compartilham pelo menos uma estação de referência de veículo de satélite comum.

25 17. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o segundo receptor é configurado adicionalmente para receber informações de assistência de posição a partir da rede de comunicação,

o processador (202) adaptado adicionalmente para 30 inicializar o filtro de Kalman (204), utilizando pelo menos uma porção da informação de assistência de posição em combinação com o primeiro conjunto de medição de pseudo-alcance, antes de captar medições simultâneas no

dispositivo de comunicações moveis (104) de sinais a partir de pelo menos três estações de referência diferentes durante o mesmo tempo referência de medição, e

5 o processador (202) adaptado adicionalmente para estimar o fixo de posição como um fixo de posição tridimensional do dispositivo de comunicações móveis (104), atualizando o filtro de Kalman (204).

18. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a rede de comunicação é 10 configurada para inclui uma rede CDMA.

19. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o fixo de posição inicial estimado é configurado para incluir um valor de localização e um valor de incerteza.

15 20. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o processador (202) é adaptado adicionalmente para incluir nas operações para inicializar o filtro de Kalman (204), instruções para:

20 semear (404) uma porção de um vetor de estado do filtro de Kalman (204) e uma porção de matriz de covariância do filtro de Kalman (204) com pelo menos uma porção da informação de assistência de posição recebida.

21. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a primeira medição de 25 pseudo-alcance é configurada em relação a um Sistema de Posicionamento Global.

22. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o processador (202) é adaptado adicionalmente para:

30 refinhar o fixo de posição estimado do dispositivo de comunicações móveis (104), incluindo a atualização da inicialização com medições de pseudo-alcance subsequentes captados a partir de qualquer uma de uma pluralidade de

estações de referência do sistema de posicionamento por satélite durante um ou mais tempos de referência de medição subsequentes ao segundo tempo de referência de medição.

23. Mídia legível por computador não transitória
5 caracterizada pelo fato de que compreende instruções executáveis por um ou mais processadores (202) de um dispositivo de comunicações móveis (104) compreendendo também um receptor de Sistema de Posicionamento por Satélite (SPS), para adaptar o um ou mais processadores 10 (202) para:

iniciar uma sessão de medição que utiliza o receptor SPS e o processador (202);

15 captar, utilizando o receptor SPS, um primeiro conjunto de medição de pseudo-alcances, durante um primeiro tempo de referência de medição, correspondendo aos alcances respectivos a partir de um primeiro subconjunto de estações de referência para o dispositivo de comunicações móveis (104), o primeiro tempo de referência de medição incluindo um início da sessão de medição;

20 inicializar o filtro de Kalman (204), utilizando pelo menos o primeiro conjunto de medição de pseudo-alcance, antes de captar medições simultâneas no dispositivo de comunicações móveis (104) de sinais a partir de pelo menos três estações de referência diferentes 25 durante o mesmo tempo de referência de medição;

30 captar um segundo conjunto de medição de pseudo-alcances, correspondendo aos alcances respectivos a partir de um segundo subconjunto de estações de referência para o dispositivo de comunicações móveis (104), durante um segundo tempo de referência de medição que é subsequente ao primeiro tempo de referência de medição, o segundo subconjunto de estações de referência incluindo pelo menos

uma estação de referência que não está no primeiro subconjunto de estações de referência; e

estimar um fixo de posição do dispositivo de comunicações móveis (104), compreendendo atualizar o filtro 5 de Kalman (204) inicializado utilizando pelo menos o segundo conjunto de medição de pseudo-alcance, antes de captar medições de pseudo-alcance simultâneas a partir de pelo menos três estações de referência diferentes durante o mesmo tempo de referência de medição.

10 24. Mídia legível por computador, de acordo com a reivindicação 23, caracterizada pelo fato de que compreende adicionalmente instruções executáveis pelo um ou mais processadores (202) para utilizar retro-propagação para determinar o tempo para o primeiro subconjunto e o 15 segundo subconjunto com base no tempo de Sistema de Posicionamento por Satélite (SPS) captado após o primeiro conjunto de medições de pseudo-alcance e o segundo conjunto de medições de pseudo-alcance.

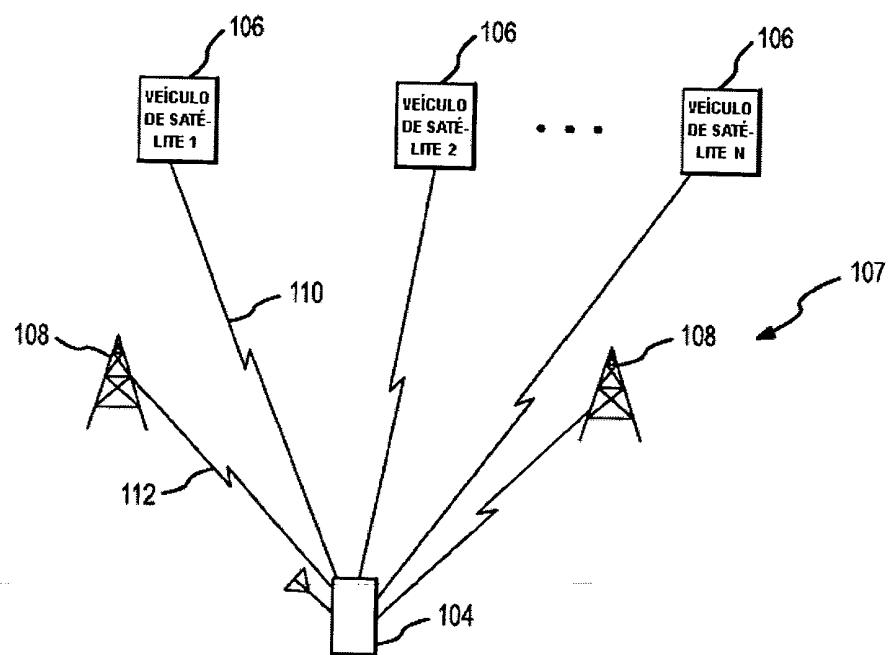


FIG.1

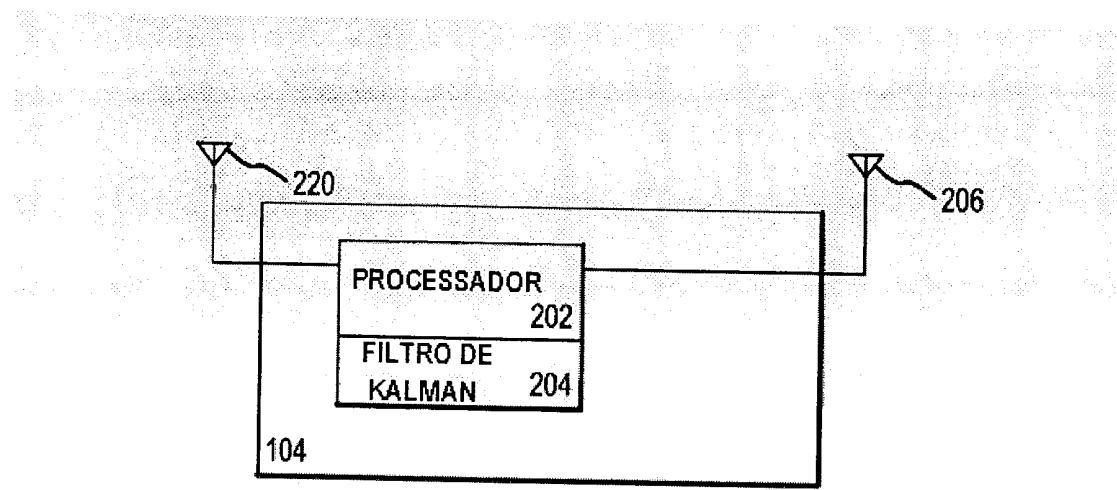


FIG.2

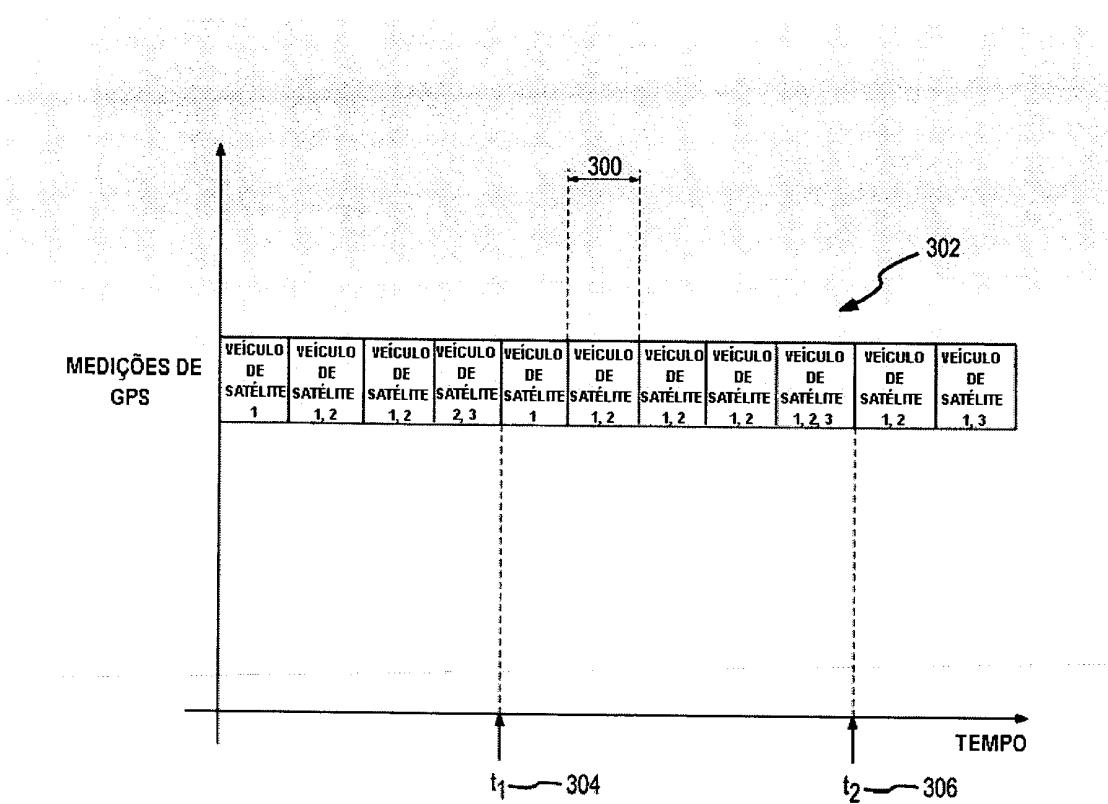


FIG.3

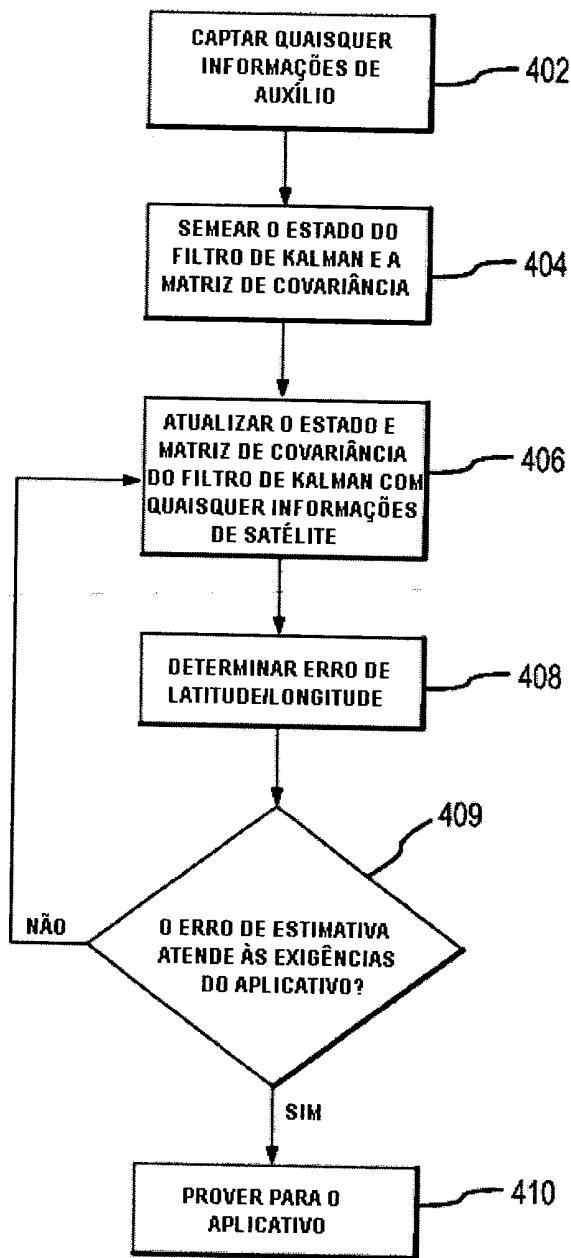


FIG.4

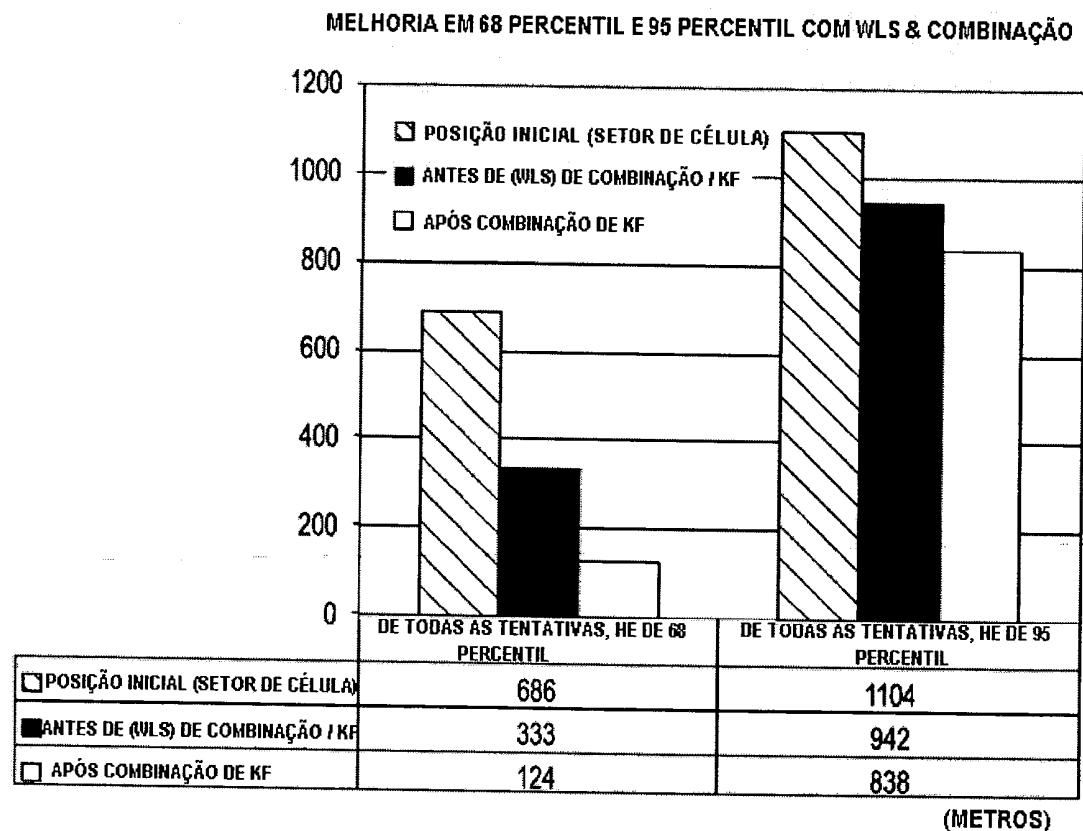


FIG.5

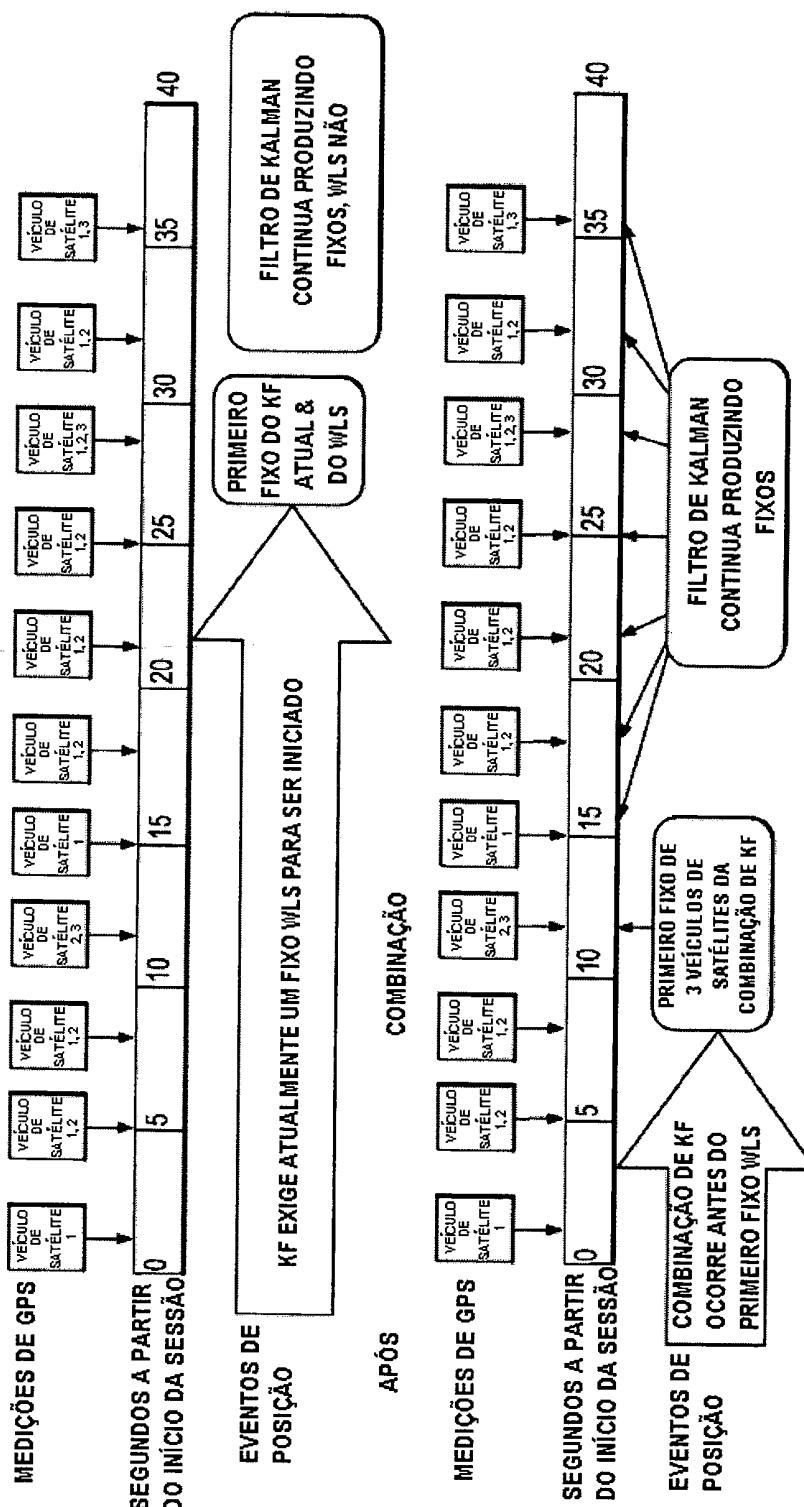


FIG. 6

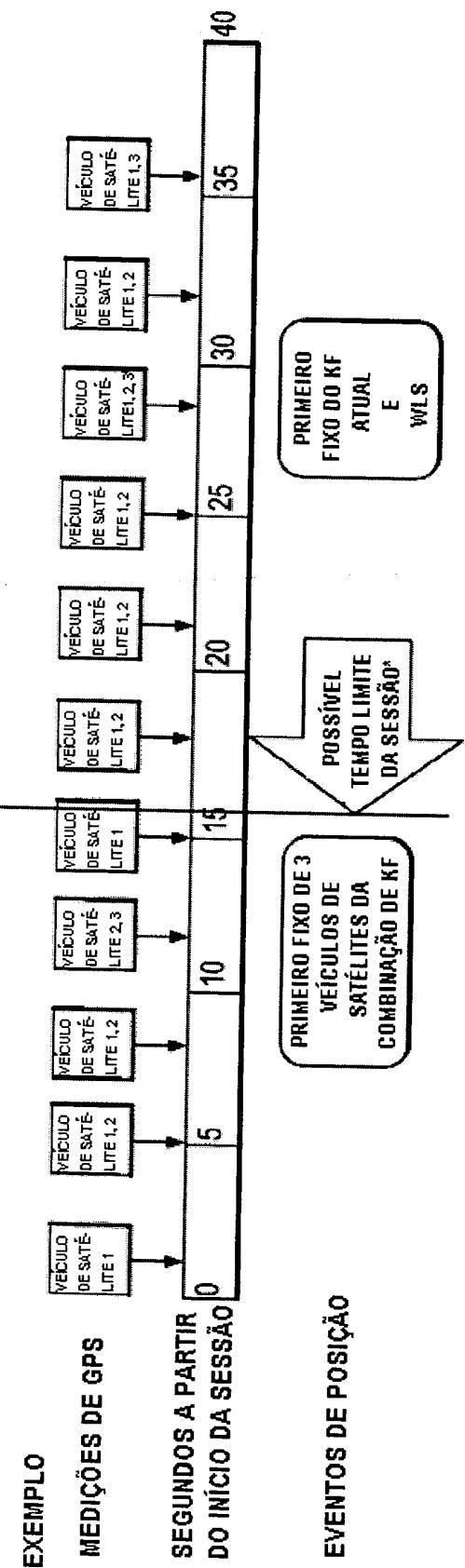


FIG.7

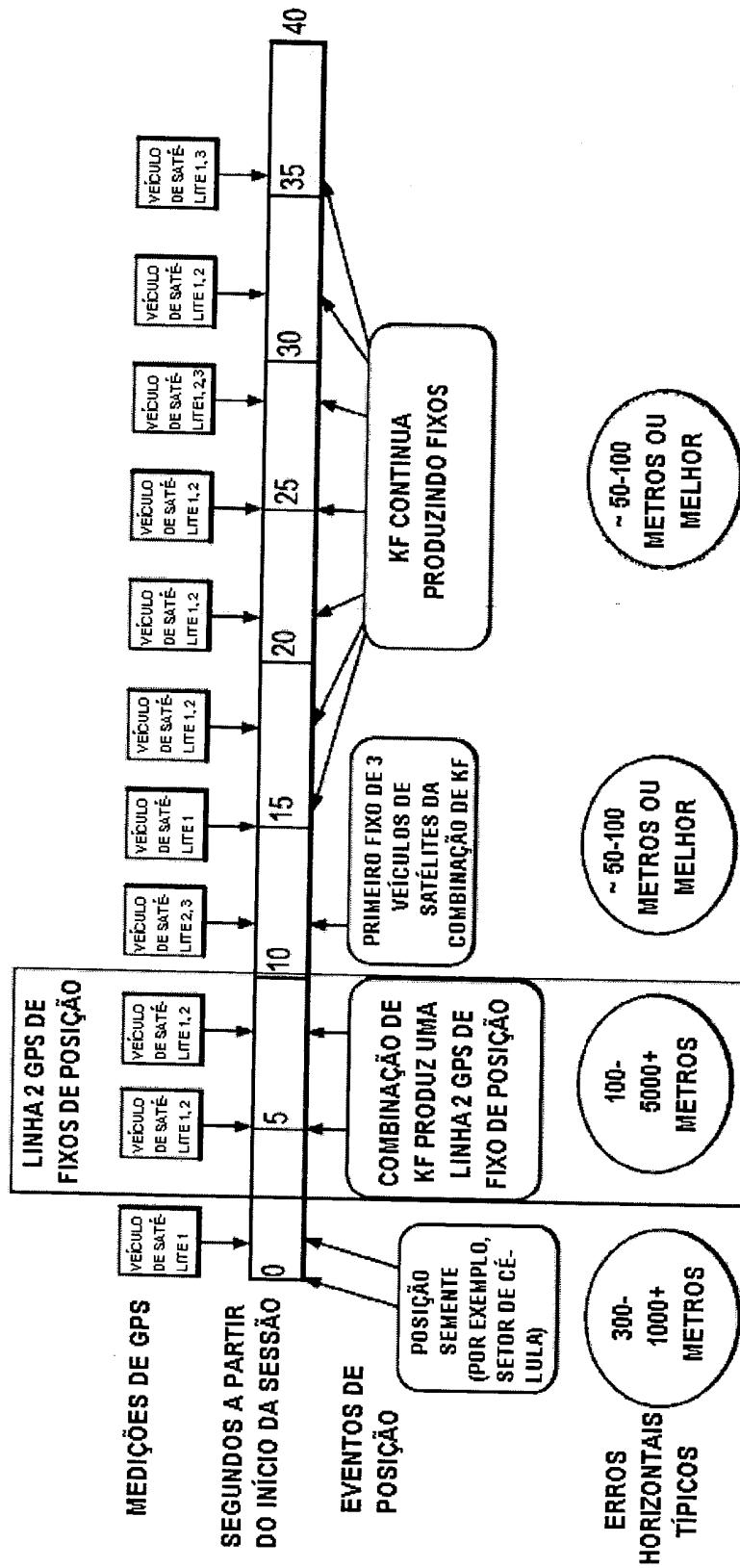


FIG.8

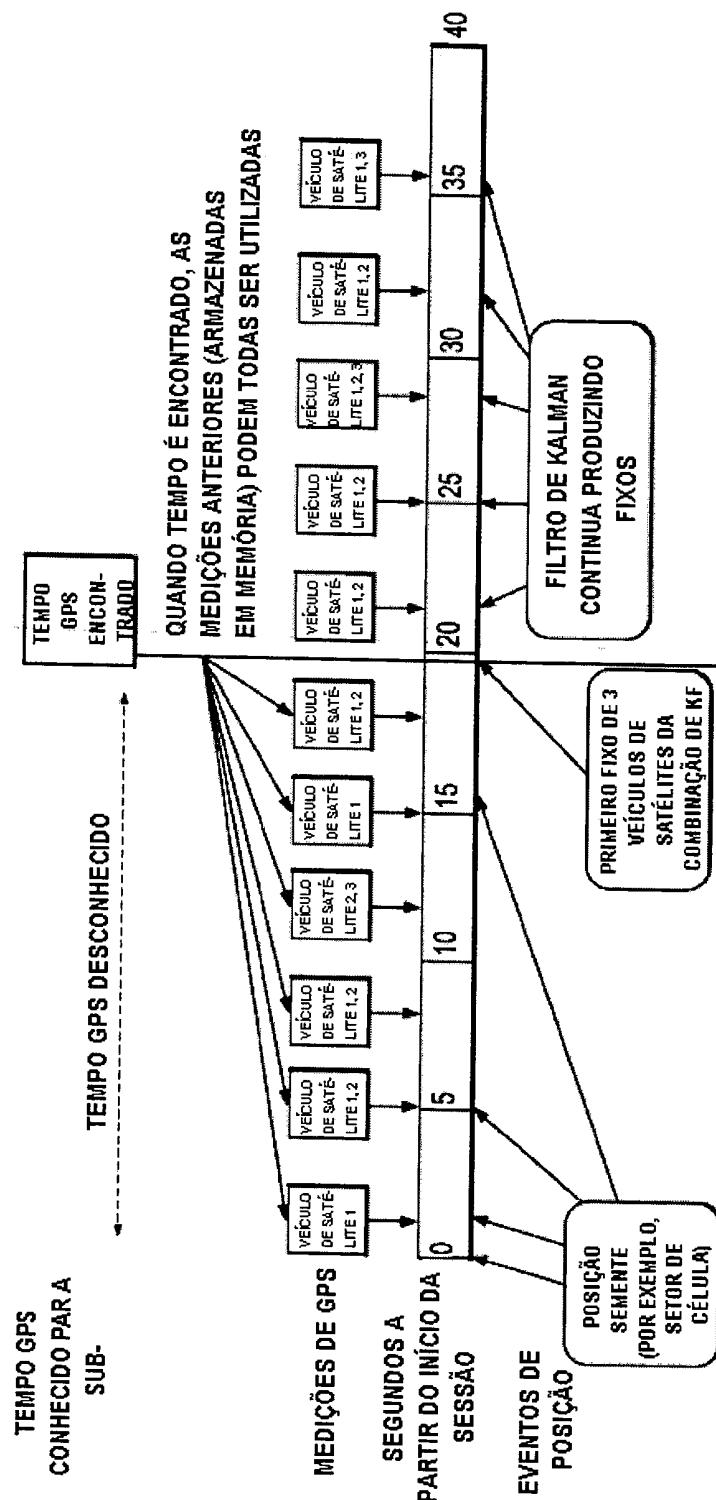


FIG.9