



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

(11) PI 0519968-9 B1

(22) Data do Depósito: 13/12/2005

(45) Data de Concessão: 09/01/2018



(54) Título: MÉTODO PARA PLANEJAR UM TRAJETO DE UM VEÍCULO, E, PLANEJADOR DE TRAJETO PARA PLANEJAR UM TRAJETO DE UM VEÍCULO

(51) Int.Cl.: G01C 22/00; G05D 1/00

(30) Prioridade Unionista: 25/01/2005 US 11/042,561

(73) Titular(es): DEERE & COMPANY

(72) Inventor(es): NICHOLAS SIMON FLANN; SHANE LYNN HANSEN; SARAH ANN GRAY

“MÉTODO PARA PLANEJAR UM TRAJETO DE UM VEÍCULO, E, PLANEJADOR DE TRAJETO PARA PLANEJAR UM TRAJETO DE UM VEÍCULO”

Campo da Invenção

[001] Esta invenção relaciona-se a um planejador de trajeto e um método para planejar um trajeto tendo um componente espiral.

Fundamento da Invenção

[002] Um planejador de trajeto pode ser usado para determinar um ou mais planos de trajeto para um veículo cobrir uma área de trabalho. A área de trabalho pode representar um campo para cultivar uma colheita ou outra vegetação. O veículo pode precisar atravessar a área de trabalho inteira ou uma porção dela para plantar uma colheita (ou precursor a isso), para tratar uma colheita (ou precursor a isso), colher uma colheita, ou executar outra tarefa associada com a colheita ou vegetação, por exemplo. Se o plano de trajeto estiver limitado a fileiras lineares, a execução do plano de trajeto pode consumir mais energia que desejado para atravessar terreno inclinado ou cobrir uma dada área de trabalho de uma maneira eficiente em energia. Por conseguinte, há uma necessidade por um sistema e um método para aplicar um plano de trajeto com um componente espiral para o veículo à área de trabalho.

Sumário da Invenção

[003] Um método e planejador de trajeto para planejar um trajeto de um veículo inclui um módulo treinador de perímetro para identificar uma fronteira de uma região associada com uma área de trabalho. Um definidor define uma fileira de referência tendo um trajeto de referência que rastreia pelo menos uma maioria da fronteira. Um gerador gera fileiras de rastreamento que rastreiam a fileira de referência. As fileiras de rastreamento incluem pelo menos uma fileira de rastreamento externa e uma fileira de rastreamento interna. Cada fileira de rastreamento interna tem pelo menos

uma curva interna com um raio menor que uma curva externa de uma fileira de rastreamento externa.

Breve Descrição dos Desenhos

[004] Figura 1 é um diagrama de bloco de uma concretização de um planejador de trajeto para planejar um trajeto de um veículo incorporado em uma eletrônica de veículo.

[005] Figura 2 é um diagrama de bloco de um planejador de trajeto de acordo com a invenção.

[006] Figura 3 é um fluxograma de um método para criar um plano de trajeto tendo um componente espiral para um veículo de acordo com a invenção.

[007] Figura 4 é um fluxograma de outro método para criar um plano de trajeto para um veículo de acordo com a invenção.

[008] Figura 5A é um fluxograma de ainda outro método para criar um plano de trajeto para um veículo de acordo com a invenção.

[009] Figura 5B é um fluxograma de ainda outro método para criar um plano de trajeto para um veículo de acordo com a invenção.

[0010] Figura 6 é um fluxograma de um primeiro procedimento para operar uma região de estreitamento do plano de trajeto.

[0011] Figura 7 é um fluxograma de um segundo procedimento para operar uma região de estreitamento do plano de trajeto.

[0012] Figura 8 é um fluxograma de um terceiro procedimento para operar uma região de estreitamento do plano de trajeto.

[0013] Figura 9 é um plano de trajeto ilustrativo formado como uma espiral Arquimediana.

[0014] Figura 10 é um plano de trajeto ilustrativo como uma espiral Arquimediana modificada.

[0015] Figura 11 até Figura 14, inclusive, são exemplos ilustrativos de vários planos de trajeto tendo componentes espirais.

[0016] Figura 15 por Figura 17, inclusive, são exemplos ilustrativos de vários planos de trajeto tendo componentes espirais e regiões de estreitamento.

[0017] Figura 18 até Figura 20, inclusive, são exemplos ilustrativos de formar fileiras de rastreamento de um plano de trajeto de acordo com uma primeira técnica (por exemplo, técnica graduada) de acordo com o método da Figura 8.

[0018] Figura 21 é um exemplo ilustrativo de um plano de trajeto tendo um componente espiral e evitando obstáculos.

[0019] Figura 22 é um diagrama de bloco de uma concretização alternada de um planejador de trajeto para planejar um trajeto de um veículo incorporado em uma eletrônica de veículo.

[0020] Figura 23 é um fluxograma de um método para determinar se usar um plano de trajeto linear ou um plano de trajeto tendo um componente espiral.

Descrição da Concretização Preferida

[0021] Um componente espiral significa qualquer do seguinte: (1) um plano de trajeto ou fileiras de contorno que seguem um trajeto geralmente espiral; (2) um plano de trajeto ou fileiras de contorno que incluem uma série de voltas aninhadas (por exemplo, trajetos concêntricos ou anéis de trajeto concêntricos) que estão interconectados entre si; (3) um plano de trajeto ou fileiras de contorno tendo uma curva contínua de raio variável que começa de uma fronteira externa e trabalha para dentro; e (4) um plano de trajeto ou fileiras de contorno tendo uma curva contínua de raio variável de uma fronteira interna e trabalha para fora.

[0022] Na Figura 1, o sistema de planejamento de trajeto 11 inclui um planejador de trajeto 10, que está acoplado a uma interface de usuário 21, um receptor determinador de localização 19, e um controlador de veículo 16. Por sua vez, o controlador de veículo 16 pode se comunicar com um ou mais dos

componentes seguintes: um sistema de direção 20, um sistema de freio 22, um sistema de propulsão 24 e um sistema de proteção 18.

[0023] O planejador de trajeto 10 da Figura 1 inclui um módulo treinador de perímetro 14 e módulo de enchimento de região espiral 12. O sistema de planejamento de trajeto 11 assume que o limite da área de trabalho e cada fronteira de obstáculo tem uma forma fechada. O módulo treinador de perímetro 14 é arranjado para coletar dados de localização em um ou mais pontos ao longo do perímetro da área de trabalho, obstáculos estacionários dentro da área de trabalho, ou uma região definida dentro da área de trabalho. Por exemplo, o módulo treinador de perímetro 14 pode coletar dados de localização (por exemplo, coordenadas de Sistema de Posicionamento Global) do receptor determinador de localização 19 (por exemplo, Receptor de GPS com correção diferencial). Os dados de localização são feitos disponíveis ao módulo de enchimento de região espiral 12 ou ao definidor de fileira de referência 26 (Figura 2).

[0024] O módulo enchimento de região espiral 12 estabelece um plano de trajeto incluindo um ou mais componentes espirais ou fileiras de contorno para cobrir a área de trabalho ou uma região dela. Fileiras de contorno podem ser definidas por componentes curvados, componentes geralmente lineares, ou ambos. Embora fileiras geralmente lineares possam ser empregadas como parte de um plano de trajeto, o plano de trajeto pode ser estruturado para suportar um plano de trajeto espiral para cobrir uma região da área de trabalho. Para certas regiões de uma área de trabalho, planos de trajeto espirais podem ser mais eficientes em energia e reduzir o consumo de combustível através de fileiras lineares ou outros planos de trajeto. Se ou não fileiras espirais são mais eficientes do que fileiras lineares pode depender de um tempo global, consumo de combustível, consumo de energia para conclusão de um plano de trajeto espiral contra um plano de trajeto geralmente linear correspondente.

[0025] O controlador de veículo 16 aceita uma entrada do plano de trajeto do planejador de trajeto 10. O controlador de veículo 16 controla o veículo consistente com o plano de trajeto, a menos que o sistema de proteção 18 detecte um obstáculo, obstrução, perigo, uma condição de segurança, ou outra condição que requeira o veículo partir do trajeto planejado, parar movimento ou tomar medidas evasivas para evitar uma colisão com um objeto ou ser vivo (por exemplo, uma pessoa ou animal). O controlador de veículo 16 pode gerar sinais de controle para um sistema de direção 20, um sistema de freio 22, e um sistema de propulsão 24, que são consistentes com rastrear o plano de trajeto e sujeito à modificação ou interrupção pelo sistema de proteção 18. Os sinais de controle podem incluir um sinal de controle de direção ou mensagem de dados que define um ângulo de direção do eixo de direção; um sinal de controle de frenagem ou mensagem de dados que define a quantidade de desaceleração, pressão hidráulica ou fricção de frenagem aplicada aos freios; um sinal de controle de propulsão ou mensagem de dados que controla um ajuste de acelerador, um fluxo de combustível, um sistema de injeção de combustível, velocidade veicular ou aceleração veicular. Ademais, onde o veículo é acionado por um acionamento elétrico ou motor elétrico, o sinal de controle de propulsão pode controlar ou modular energia elétrica, corrente elétrica, tensão elétrica provida a um acionamento elétrico ou motor. Os sinais de controle geralmente variam com tempo como necessário para rastrear o plano de trajeto.

[0026] O sistema de direção 20 pode incluir um sistema de direção hidráulico controlado eletricamente, uma direção de cremalheira e pinhão acionada eletricamente, um sistema de direção de Ackerman, ou outro sistema de direção. O sistema de frenagem 22 pode incluir um sistema de frenagem hidráulico controlado eletricamente, ou outro sistema de frenagem de fricção controlado eletricamente. O sistema de propulsão 24 pode incluir um motor de combustão interna, um sistema híbrido de motor de combustão interna-

elétrico, um sistema de acionamento elétrico, ou similar.

[0027] O sistema de proteção 18 pode incluir um sistema de detecção de obstáculo, que inclui um ou mais dos componentes seguintes: um detector ultra-sônico, um dispositivo de radar, um detector de obstáculo a laser, um dispositivo de ladar, um descobridor de alcance a laser, um detector de obstáculo de visão, e um detector de visão estéreo.

[0028] Figura 2 é um diagrama de bloco de um planejador de trajeto 10. Figura 2 mostra o planejador de trajeto 10 da Figura 2 em maior detalhe do que aquele da Figura 1. O planejador de trajeto 10 inclui um módulo de enchimento de região espiral 12. O módulo de enchimento de região espiral 12 inclui um definidor de fileira de referência 26, um formador de representação 28 e um gerador 30. O definidor de fileira de referência 26 se comunica com o formador de representação 28. Em troca, o formador de representação 28 se comunica com o gerador 30.

[0029] O definidor 26 define a fileira de referência tendo um contorno de referência. O contorno de referência pode ser definido de acordo com várias técnicas, que podem ser aplicadas independentemente e coletivamente. Sob uma primeira técnica, o definidor 26 define a fileira de referência para seguir ao longo de um contorno de limite de um limite da área de trabalho. Sob uma segunda técnica, o definidor 26 define a fileira de referência para seguir ao longo de um contorno de limite de um limite de forma que a fileira de referência seja contígua com o limite. Sob uma terceira técnica, o definidor 26 define uma fileira de referência que rastreia ao redor de um limite interno (por exemplo, sobre um obstáculo ou zona sem entrada) dentro da área de trabalho. Na primeira e segunda técnicas, o plano de trajeto pode ser criado para girar em espiral internamente para uma área central da área de trabalho, enquanto para a terceira técnica, o plano de trajeto pode ser criado para girar em espiral para fora.

[0030] O formador de representação 28 pode definir componentes

espirais ou componentes de contorno do plano de trajeto de acordo com uma ou mais representações. Indiferente da representação, o componente espiral ou componente de contorno pode ser definido como um componente curvado, um componente geralmente linear, ou ambos. Sob uma primeira representação, o formador de representação 28 define o componente espiral, um componente de contorno, ou plano de trajeto como uma série de segmentos de arco interconectados, segmentos lineares, ou ambos. Na primeira representação, o formador de representação 28 define um segmento de arco como um ponto de centro, um ponto de começo, um ponto de fim e um raio, onde qualquer segmento de arco tem um raio maior do que o raio de curvatura mínimo do veículo. O formador de representação 28 define o segmento linear como dois pontos. Sob uma segunda técnica, o formador de representação 28 pode definir porções curvadas ou segmentos de arco do plano de trajeto de acordo com outras definições ou representações (por exemplo, representações gráficas ou matemáticas, ou equações de curva).

[0031] O gerador 30 inclui um coordenador 32, um tradutor 34 e um modificador de raio 36 para determinar um grupo de contornos de rastreamento ou componentes espirais que rastreiam um contorno de referência dentro de uma região de uma área de trabalho. O gerador 30 ademais inclui um utilitário de pesquisa 38 para determinar valores (por exemplo, valores de raio de curvas) para componentes de contorno ou espiral e um módulo de interferência 40 para solucionar interferência física entre características de candidato ou propostas do plano de trajeto. O modificador de raio 36 seleciona o parâmetro de diferença de raio tal que se o parâmetro de diferença de raio geralmente igualar a largura veicular, uma solução aninhada se aplique às fileiras adjacentes em uma base local.

[0032] Em uma concretização, o utilitário de pesquisa 38 aplica um algoritmo de pesquisa a possíveis valores de candidato do parâmetro de diferença de raio, em que o espaço de pesquisa é limitado tal que o parâmetro

de diferença de raio seja limitado por um parâmetro de diferença de raio de candidato geralmente igual a ou menos que a largura veicular. Por exemplo, o espaço de pesquisa está limitado tal que pesquisa seja começada com o parâmetro de diferença de raio igual à largura veicular e o parâmetro de diferença de raio seja diminuído dele.

[0033] Em uma concretização, o módulo de interferência 40 identifica a presença de dois componentes curvados exteriores (por exemplo, arcos exteriores) que são adjacentes ou separados por um componente linear em uma fileira externa localizada para um limite externo da área de trabalho; o módulo de interferência 40 determina um único componente curvado (por exemplo, arco exterior) para uma fileira de rastreamento interna que rastreia a fileira externa. A fileira de rastreamento interna está localizada mais perto a um interior da área de trabalho que a fileira externa. Em outra concretização, o módulo de interferência 40 identifica uma presença de um componente curvado interior (por exemplo, arco) e um componente curvado exterior sendo adjacente um ao outro, em uma fileira onde tal componente curvado interno e componente curvado externo cruzam um sobre o outro; e o módulo de interferência 40 aplica uma técnica de construção (por exemplo, processo de reparo iterativo) para reformular uma fileira de candidato potencialmente não complacente como uma fileira complacente.

[0034] Figura 3 ilustra um método para planejar um trajeto de um veículo de acordo com a invenção. O método da Figura 4 começa com a etapa S100.

[0035] Na etapa S100, um módulo treinador de perímetro 14 ou planejador de trajeto 10 identifica uma fronteira de uma região associada com uma área de trabalho. Por exemplo, o módulo treinador de perímetro 14 ou planejador de trajeto 10 pode estabelecer ou define a fronteira da região ou a área de trabalho como uma série de pontos (por exemplo, coordenadas bidimensionais ou tridimensionais). A região pode ser co-extensiva com a

área de trabalho, ou uma porção da área de trabalho.

[0036] Na etapa S102, um definidor 26 ou planejador de trajeto 10 define uma fileira de referência que tem um trajeto de referência que rastreia pelo menos uma maioria da fronteira. Em um exemplo, o definidor 26 ou planejador de trajeto 10 pode rastrear uma maioria da fronteira externa uma vez antes de girar em espiral. Em outro exemplo, o definidor 26 ou planejador de trajeto 10 pode rastrear uma maioria de uma fronteira interior (por exemplo, obstáculo localizado em um interior da área de trabalho) antes de girar em espiral para fora.

[0037] Na etapa S104, um gerador 30 ou planejador de trajeto 10 gera fileiras de rastreamento que rastreiam a fileira de referência. Para um plano de trajeto para dentro com um componente espiral, cada fileira de rastreamento inclui uma fileira de rastreamento interna com respeito a uma fileira externa ou fileira de referência. Para um plano de trajeto externo com um componente espiral, cada fileira de rastreamento inclui uma fileira de rastreamento externa com respeito a uma fileira mais interna ou fileira de referência. Cada fileira de rastreamento interna tem pelo menos uma curva com um raio menor que uma fileira de rastreamento externa tem. A fileira de rastreamento externa tem uma curva correspondente com um raio maior que o raio menor.

[0038] Etapa S104 pode ser efetuada de acordo com várias técnicas, que podem ser aplicadas alternativamente ou cumulativamente. Sob uma primeira técnica, onde a fronteira inclui uma fronteira externa, o gerador 30 ou planejador de trajeto 10 gera fileiras de rastreamento que rastreiam para dentro da fileira de referência. Sob uma segunda técnica, o gerador 30 ou planejador de trajeto 10 rastreia uma fronteira interna, a geração de fileiras de rastreamento rastreia para fora da fileira de referência. Sob uma terceira técnica, a fronteira é geralmente circular e as fileiras de rastreamento formam uma espiral com um raio variado que diminui para um interior ou centro da região.

[0039] Sob uma quarta técnica, a etapa S104 pode gerar fileiras de rastreamento com um grau desejado de sobreposição de acordo com vários procedimentos que podem ser aplicados alternativamente ou cumulativamente. Sob um primeiro procedimento para a quarta técnica, fileiras adjacentes de padrões espirais e de contorno podem sobrepor uma fileira prévia porque pelo menos uma porção curvada ou novos cantos são constrangidos a usar o raio de volta mínimo de veículo quando um raio de curvatura menor seria mais desejável para manter um maior espaçamento entre fileiras adjacentes. Sob um segundo procedimento para a quarta técnica, não há nenhuma sobreposição planejada entre fileiras adjacentes. Em lugar disso, fileiras espirais adjacentes dentro da forma podem ser aninhadas e constrangidas pelo raio dos cantos externos. Sob um terceiro procedimento para a quarta técnica, alguma sobreposição é permitida indiferente do raio de curvatura mínimo de veículo.

[0040] Sob uma quinta técnica, o planejador de trajeto 10 ou módulo de interferência 40 detecta interações de canto que proíbem a próxima fileira de contorno (ou porção do plano de trajeto com um componente espiral) de ser gerada. Gerar formas espirais (ou parte delas) pode exibir problemas com curvas adjacentes que causam problemas em formar um trajeto de cobertura espiral para algumas formas de áreas de trabalho, tal que uma ou mais das técnicas de compensação seguintes pode se aplicar: (1) usar um padrão espiral para as primeiras poucas fileiras e reverter para outro padrão (por exemplo, um padrão de cobertura linear ou contorno) onde os objetivos de eficiência são satisfeitos; (2) emitir um parâmetro de parada para sinalizar o planejamento de trajeto de um plano de trajeto espiral para parar quando as fileiras espirais sobrepõem uma fileira prévia por mais de alguma quantidade máxima especificada; (3) detectar uma região de estreitamento da área de trabalho; (4) continuar geração ou execução de plano de trajeto espiral através da área de trabalho inteira e então executar subsequente voltas de

especiais para cobrir aberturas descobertas (por exemplo, aberturas não semeadas, não tratadas ou não colhidas) que seriam deixadas entre fileiras adjacentes (por exemplo, em certas áreas de volta associadas com os cantos da área de trabalho); (5) usar voltas em casos onde os cantos ditam uma distância de volta menor que um certo limiar; e (6) operar primeiro uma ou mais regiões locais onde padrão de cobertura espiral é sub-ótimo ou ineficiente por cobertura linear atrás e adiante; e segundo, operar as regiões restantes diferentes das regiões locais executando um plano de trajeto tendo um componente espiral.

[0041] O método da Figura 4 pode ser aplicado para complementar o método da Figura 3. O método da Figura 4 começa na etapa S106.

[0042] Na etapa S106, o planejador de trajeto 10 determina se uma fronteira ou região da área de trabalho está associada com pelo menos uma de uma porção circular e uma porção semi-circular (por exemplo, uma fronteira geralmente circular ou semi-circular). A área de trabalho pode ser associada com uma porção circular ou porção semi-circular se um número de limiar de pontos se conformar ou se achar aproximadamente em uma representação geométrica, matemática ou outra de um círculo, arco ou semi-círculo. Se a fronteira ou região da área de trabalho estiver associada com pelo menos uma de uma porção circular e uma porção semi-circular, então o método continua com a etapa S107. Porém, se a fronteira ou região da área de trabalho não estiver associada com uma porção circular e uma porção semi-circular, então o método continua com a etapa S100 da Figura 3.

[0043] Na etapa S107, o planejador de trajeto 10 ou definidor de fileira de referência 26 define uma fileira de referência tendo um trajeto de referência que rastreia pelo menos uma da porção circular e da porção semi-circular. Por exemplo, o trajeto de referência pode rastrear a fronteira com uma ou mais fileiras sobrepostas ou livres necessárias para refinar ou conformar uma fronteira semi-circular irregular ou fronteira circular em uma

forma geralmente regular, consistente com as definições de semi-círculo, círculo ou arco.

[0044] Na etapa S108, o planejador de trajeto 10 ou gerador 30 gera fileiras de rastreamento que rastreiam a fileira de referência para formar um conjunto de arcos ou um arco de raio variável para dentro de pelo menos uma da porção circular e porção semi-circular. As fileiras de rastreamento incluem pelo menos uma fileira de rastreamento interna e uma fileira de rastreamento externa. Cada fileira de rastreamento interna tem pelo menos uma curva com um raio menor que uma fileira de rastreamento externa tendo uma curva correspondente com um raio maior. Por exemplo, o arco de raio variável é definido de acordo com a equação seguinte:

[0045] $\text{Raio de arco} = a \times \text{teta}$, onde a é o raio inicial ou raio externo da área de trabalho (ou a fronteira refinada) e em que teta é uma variável que reduz o raio inicial como uma função de deslocamento angular ao longo de um trajeto e para dentro para uma área central da região.

[0046] Figura 5A mostra um método que pode ser aplicado seguindo o método da Figura 3 ou Figura 4. O método da Figura 6 começa na etapa S110. Mesmos números de referência na Figura 5 e Figura 3 indicam mesmos elementos.

[0047] Etapa S110 pode ser integrada na etapa S100 ou executada, antes, depois ou durante a etapa S100. Na etapa S110, o planejador de trajeto 10 identifica uma fronteira de uma região associada com uma área de trabalho e um ou mais cantos associados com a fronteira da região.

[0048] Na etapa S102, um definidor 28 ou planejador de trajeto 10 define uma fileira de referência que tem um trajeto de referência que rastreia pelo menos uma maioria da fronteira. A descrição da etapa S102 publicada junto com a Figura 2 se aplica igualmente aqui à Figura 5A.

[0049] Na etapa S104, um gerador 30 ou planejador de trajeto 10 gera fileiras de rastreamento que rastreiam a fileira de referência. As fileiras de

rastreamento incluem pelo menos uma fileira de rastreamento interna e uma fileira de rastreamento externa. Cada fileira de rastreamento interna tem pelo menos uma curva com um raio menor que uma fileira de rastreamento externa tem. A fileira de rastreamento externa tem uma curva correspondente com um raio maior que o raio menor. As várias técnicas para executar a etapa S104 na Figura 3 se aplicam igualmente à Figura 5 como se publicada completamente aqui.

[0050] Na etapa S112, um gerador 30 ou planejador de trajeto 10 estabelece um limite virtual se estendendo diagonalmente do canto ou cantos identificados a uma região interior da região (por exemplo, área de trabalho).

[0051] Na etapa S113, um gerador 30 ou planejador de trajeto 10 planeja uma volta entre fileiras de rastreamento ao longo ou em uma vizinhança do limite virtual. Por exemplo, o planejador de trajeto 10 pode planejar uma volta de virar na qual o veículo troca ou inverte de direção tal que o veículo esteja rumando em direção substancialmente oposta em uma fileira subsequente com respeito a uma fileira prévia. A volta de virar pode ser executada tal que o veículo retorne ao longo de uma fileira adjacente que é geralmente paralela a uma fileira executada imediatamente previamente. Alternativamente, a volta de virar pode ser implementada tal que uma ou mais fileiras intervenientes sejam saltadas enquanto fazendo a volta de virar.

[0052] O método da Figura 5B é semelhante ao método da Figura 5A, exceto que o método da Figura 5B substitui as etapas S112 e S113 com as etapas S188 e S190. Mesmos números de referência na Figura 5A e Figura 5B indicam mesmas etapas ou procedimentos. Porque as etapas S110 e S102 já foram descritas junto com a Figura 5A, a explicação aqui começará com a etapa S188.

[0053] Na etapa S188, o gerador 30 ou planejador de trajeto 10 gera uma série de voltas aninhadas espaçadas à parte uma da outra por um espaçamento geralmente uniforme (por exemplo, largura de veículo). Pelo

menos uma das voltas aninhadas rastreia a fileira de referência. Onde a fileira de referência é a fileira mais externa associada com uma fronteira da área de trabalho, a próxima volta interna rastreia a fileira mais externa. Onde a fileira de referência é a fileira mais interna associada com a fronteira de um obstáculo em uma porção central da área de trabalho, a próxima volta externa rastreia a fileira mais interna. O espaçamento geralmente uniforme pode incluir uma largura de veículo, uma largura de implemento, uma largura de corte, um espaço de colheita, uma largura de operação ou similar. Ademais, o espaçamento geralmente uniforme pode incluir uma tolerância deslocada ou sobreposta entre voltas aninhadas adjacentes.

[0054] Na etapa S190, o gerador 30 ou planejador de trajeto 10 liga uma série de voltas aninhadas uma a outra se movendo transversalmente (por exemplo, para dentro ou para fora) a uma porção de uma volta aninhada entre o canto identificado e uma área central da região ou área de trabalho. O veículo pode fazer voltas mais graduais ou maneáveis, onde o movimento transversal acontece ao longo do limite virtual entre o canto identificado e uma área central, ao invés de requerer o movimento transversal ao longo de outras porções das voltas aninhadas.

[0055] Figura 6 mostra um método que pode ser aplicado seguindo o método da Figura 3 ou Figura 4. O método da Figura 6 começa na etapa S114.

[0056] Na etapa S114, um detector de estreitamento ou módulo de interferência 40 detecta uma região de estreitamento em uma fileira de rastreamento associada com uma volta em um plano de trajeto. Uma região de estreitamento se refere a uma região estreita ou gargalo de garrafa na área de trabalho na qual um plano de trajeto espiral é estrangulado ou impedido de realização. Por exemplo, a região estreita pode estar presente por causa de características naturais, características topográficas, limites de propriedade de terra, limites geopolíticos, ou outros limites particulares da área de trabalho.

[0057] Na etapa S116, o gerador 30, planejador de trajeto 10, ou

módulo de interferência 40 define uma fileira de cruzamento na região de estreitamento através da qual o veículo pode percorrer múltiplas vezes para servir área em cada lado da região de estreitamento dentro da área de trabalho. Por exemplo, cada volta completa (por exemplo, espiral) do plano de trajeto pode cruzar a região de estreitamento duas vezes, até que todas as voltas tenham sido completadas. Áreas descobertas ou remanescentes em qualquer lado da região de estreitamento podem ser cobertas por varreduras lineares atrás e adiante.

[0058] Figura 7 mostra um método que pode ser aplicado ao método da Figura 3 ou pode Figura 4. O método da Figura 7 pode ser aplicado como uma alternativa àquele da Figura 6. O método da Figura 7 começa na etapa S114.

[0059] Na etapa S114, um detector de estreitamento ou módulo de interferência 40 detecta uma região de estreitamento em uma fileira de rastreamento associada com uma volta em um plano de trajeto. Uma região de estreitamento se refere a uma região estreita ou gargalo de garrafa na área de trabalho na qual um plano de trajeto espiral é constrangido ou impedido de realização. Por exemplo, a região estreita pode estar presente por causa de características naturais, características topográficas, limites de propriedade de terra, limites geopolíticos, ou outros limites particulares da área de trabalho.

[0060] Na etapa S120, um gerador 30, um planejador de trajeto 10, ou um módulo de interferência 40 define uma primeira área de cobertura em um primeiro lado da região de estreitamento e uma segunda área de cobertura em um segundo lado da região de estreitamento.

[0061] Na etapa S122, o gerador 30 ou planejador de trajeto 10 aplica um primeiro plano de trajeto espiral ao primeiro lado e um segundo plano de trajeto espiral a um segundo lado. Por exemplo, o plano de trajeto inclui completar um primeiro plano de trajeto espiral ou primeiro plano de trajeto de tendo um componente espiral; segundo, atravessar a área de estreitamento do

primeiro lado ao segundo lado; e terceiro, completar um segundo plano de trajeto espiral ou segundo plano de trajeto tendo um componente espiral no segundo lado.

[0062] O método da Figura 8 é semelhante ao método da Figura 7, exceto que a etapa S124 e S126 da Figura 8 substituem coletivamente a etapa S122 da Figura 7. O método da Figura 7 começa com a etapa S114. Os mesmos números de referência na Figura 7 e Figura 8 indicam os mesmos elementos.

[0063] Na etapa S114, um detector de estreitamento ou módulo de interferência 40 detecta uma região de estreitamento em uma fileira de rastreamento ou volta associada com uma volta em um plano de trajeto. Uma região de estreitamento se refere a uma região estreita ou gargalo de garrafa na área de trabalho na qual um plano de trajeto espiral é constrangido ou impedido de realização. Por exemplo, a região estreita pode estar presente por causa de características naturais, características topográficas, limites de propriedade de terra, limites geopolíticos, ou outros limites particulares da área de trabalho.

[0064] Na etapa S120, um gerador 40, um planejador de trajeto 10, ou um módulo de interferência 40 define uma primeira área de cobertura em um primeiro lado da região de estreitamento e uma segunda área de cobertura em um segundo lado da região de estreitamento.

[0065] Na etapa S124, um gerador 10 ou planejador de trajeto 10 forma uma série de voltas aninhadas espaçadas à parte uma da outra por um espaçamento geralmente uniforme (por exemplo, largura de veículo, as voltas aninhadas definindo as fileiras de rastreamento). O espaçamento geralmente uniforme pode incluir uma ou mais do seguinte: largura de veículo, largura de veículo menos uma tolerância de sobreposição, largura de implemento, largura de implemento menos uma tolerância de sobreposição, largura de corte, espaço de colheita, largura de colheita, largura de pulverização, largura

de distribuição, ou largura de tratamento, e largura de corte, espaço de colheita, largura de colheita, largura de pulverização, largura de distribuição, ou largura de tratamento, menos uma tolerância de sobreposição. Etapa S124 pode ser efetuada formando uma primeira série de voltas aninhadas para a primeira área de cobertura e formando uma segunda série de voltas aninhadas para a segunda área de cobertura.

[0066] Na etapa S126, o gerador 10 ou planejador de trajeto 10 liga uma volta aninhada a outra volta aninhada para interconectar as voltas aninhadas. Por exemplo, a ligação é realizada se orientando transversalmente para dentro às voltas aninhadas a uma área central da região.

[0067] Figura 9 ilustra a área de trabalho ou região da área de trabalho que tem uma porção geralmente circular, consistente com a etapa S106 da Figura 4. Aqui, porque a área de trabalho é geralmente circular, uma espiral Arquimediana pode ser usada para cobrir a área de trabalho sem nenhuma ou sobreposição mínima entre porções curvadas radialmente espaçadas (por exemplo, fileiras de contorno adjacentes) da espiral. Espirais Arquimedianas geralmente têm um espaçamento geralmente uniforme ou constante (por exemplo, largura veicular) das fileiras ao longo do padrão espiral. Porém, aderência rígida à forma espiral Arquimediana pode causar uma quantidade maior que a ideal de sobreposição nas duas voltas mais externas do plano de trajeto. A espiral Arquimediana da Figura 9 pode ter um raio que é consistente com a equação seguinte: $Raio = a * teta$. Embora a Figura 9 ilustre o ponto de partida 900 do trajeto em um limite externo da área de trabalho 932 ou região e um ponto de terminação 901 em uma área central da área de trabalho 932, o veículo pode começar o plano de trajeto em um centro da área de trabalho ou região, como uma alternativa. Por exemplo, o plano de trajeto pode ser estabelecido do ponto de partida 900 ao ponto de terminação 901, onde o plano de trajeto com o componente espiral procede para dentro, ou vice-versa onde o plano de trajeto com o componente espiral procede para fora. Para o

caso onde o veículo começa do limite externo, o veículo pode seguir a forma de limite inteira antes que comece a girar em espiral para dentro, para assegurar que não haja nenhuma área perdida da área de trabalho.

[0068] Figura 10 ilustra a área de trabalho 934 ou região da área de trabalho que inclui duas partes geralmente semi-circulares 936, consistente com a etapa S106 da Figura 4. Aqui, uma espiral Arquimediana ou outra configuração espiral pode ser usada para cobrir a área de trabalho sem nenhuma ou mínima sobreposição entre porções curvadas radialmente espaçadas da espiral. Embora a Figura 10 ilustre o ponto de partida 902 do plano de trajeto em um limite externo da área de trabalho ou região, o veículo pode começar o plano de trajeto em um centro da área de trabalho ou região do ponto de terminação 903, como uma alternativa. Por exemplo, o plano de trajeto pode ser estabelecido do ponto de partida 902 ao ponto de terminação 903, onde o plano de trajeto com o componente espiral procede para dentro, ou vice-versa, onde o plano de trajeto com o componente espiral procede para fora.

[0069] Planos de trajeto com componentes espirais na Figura 11 por Figura 14 são representativos de planos de trajeto com limites virtuais 908 da etapa S112 da Figura 5A e voltas da etapa S113 da Figura 5A. Os limites virtuais 908 da Figura 11 por Figura 14 podem ser descritos como formas geralmente ovais (por exemplo, formas como dedos) que se estendem diagonalmente entre um canto 938 e um interior ou área central 940 da área de trabalho. Em uma concretização, as formas geralmente ovais coincidem com trajetos que representam voltas desimpedidas que são requeridas porque o plano de trajeto com componentes espirais (por exemplo, arcos aninhados ou arcos de volta mínima) tendem a deixar uma abertura (por exemplo, vegetação não cortada, não semeada, não colhida ou não tratada, que é às vezes formada como meia lua) entre as fileiras prévias.

[0070] Em uma concretização alternativa, a volta desimpedida

geralmente oval pode ser substituída por uma ou mais voltas de virar em região do limite virtual 908. Por exemplo, voltas de virar podem ser executadas voltas nas fileiras mais internas do plano de trajeto. Voltas de virar (por exemplo, voltas de aproximadamente 180 graus) permitem ao veículo retornar na próxima fileira sem saltar qualquer fileira ou fileiras intermediárias.

[0071] Cada um dos planos de trajeto com componentes espirais mostrados na Figura 11 por Figura 14, inclusive, inclui um ponto de partida 950 e um ponto de terminação 951. Embora os planos de trajeto comecem no ponto de partida 950 para um limite externo da área de trabalho e se movam para uma área central 940, em uma concretização alternada, quaisquer dos planos de trajeto pode começar no ponto de terminação 951 e se mover exteriormente para um limite externo da área de trabalho (por exemplo, para o ponto de partida 950). Se um obstáculo estiver presente na área central 940, um limite interno da área de trabalho pode ser co-extensivo com um limite de zona de uma zona de folga de obstáculo sobre o obstáculo.

[0072] Os planos de trajeto na Figura 15 por Figura 17 mostram planos de trajeto parcialmente completos ou incompletos que têm regiões de estreitamento 888. As regiões de estreitamento 888 da Figura 15 por Figura 17 são ilustrativas de regiões de estreitamento potenciais publicadas na etapa S114 da Figura 6, Figura 7 e Figura 8. Em geral, uma espiral pode estar sujeita a uma região de estreitamento (por exemplo, 888), se uma forma de área de trabalho (por exemplo, forma de figura em oito) ou uma região dela for suscetível ou conducente a tal estreitamento. Quando um plano de trajeto espiral estreita, ele pode produzir descontinuidades, ou desajeitamento no plano de trajeto que poderia deixar potencialmente áreas descobertas grandes para um plano de trajeto espiral ou um plano de trajeto tendo um componente espiral. Embora os planos de trajeto parciais com os componentes espirais na Figura 15 por Figura 17 sejam ligados por ligações 890 ou porções

transversais para mover de uma volta aninhada 992 a outra volta aninhada 994, outras configurações dos planos de trajeto são possíveis, tais como planos de trajeto espirais contínuos como expostos em outro lugar aqui.

[0073] Há vários modos para operar uma região de estreitamento em planejar um plano de trajeto resultante aceitável. Sob uma primeira técnica, o planejador de trajeto 10 forma um plano de trajeto que atravessa o local de estreitamento em passagens múltiplas (por exemplo, continuamente) para mover de uma primeira área em um lado da região de estreitamento a uma segunda área em outro lado da região de estreitamento. A técnica de cruzamento é referenciada na etapa S116 da Figura 6.

[0074] Sob uma segunda técnica para operar uma região de estreitamento, o planejador de trajeto 10 faz novos planos de sub-trajeto fora das áreas associadas com a região de estreitamento e começa um novo plano de trajeto espiral em cada área. Por exemplo, o planejador de trajeto 10 pode estabelecer um primeiro plano espiral a um primeiro lado da região de estreitamento e um segundo plano de espiral a um segundo lado da região de estreitamento. Se refira à Figura 15 por Figura 17 para ver um exemplo ilustrativo do primeiro lado (por exemplo, primeiro lado 996) e do segundo lado (por exemplo, segundo lado 998). Ademais, onde o veículo geralmente permanece em um primeiro lado até a conclusão do primeiro plano espiral e então se move pela região de estreitamento para focalizar no segundo plano espiral. A segunda técnica pode ser chamada uma técnica de execução lateral seqüencial. A técnica de execução lateral seqüencial é descrita junto com a etapa S122 da Figura 7.

[0075] Cada um dos planos de trajeto na Figura 18 por Figura 20 inclui uma série de contornos aninhados ou voltas aninhadas 333. Os pontos de partida 345 e pontos de terminação 347 estão rotulados. Embora a ordem de execução do plano de trajeto se estenda geralmente do ponto de partida 345 ao ponto de terminação 347, ela pode ser invertida tal que qualquer plano

de trajeto comece do ponto de terminação 347 e termine com o ponto de partida 345. Os contornos ou voltas aninhadas variam de um contorno mais interno ou volta mais interna 335 a um contorno mais externo ou volta mais externa 337. Cada contorno interno é ligado a um contorno adjacente por uma ligação de transição. Cada ligação de transição 339 é transversal ou geralmente perpendicular com respeito a seu contorno aninhado ou volta 333. Os planos de trajeto da Figura 18 por Figura 20 são consistentes com o plano de trajeto da Figura 5B e com a etapa S126 da Figura 8. Porém, deveria ser notado que o plano de trajeto da Figura 18 só está parcialmente completo como mostrado na Figura 18. As regiões vagas do plano de trajeto com o componente espiral podem ser enchidas por um componente espiral em uma primeira região 341 e um plano de cobertura linear em uma segunda região 343.

[0076] Os planos de trajeto da Figura 18 por 20 são aplicáveis a regiões formadas irregulares como na Figura 18, regiões geralmente triangulares como na Figura 19, e regiões geralmente retangulares como na Figura 20, por exemplo. O planejador de trajeto pode formar qualquer plano de trajeto da Figura 18 por Figura 20 usando um limite externo como o modelo e espaçando voltas para dentro do limite externo por múltiplos sucessivos de espaçamento geralmente uniforme (por exemplo, larguras de veículo, larguras de rastro, larguras de veículo menos uma tolerância de sobreposição, ou larguras de rastro menos uma tolerância de sobreposição) até que a área central final seja alcançada, onde espaço insuficiente para uma volta existe ou o raio de curvatura mínimo de veículo é incapaz de executar a próximo volta (por exemplo, para dentro da volta mais interna). A área central final (por exemplo, área não semeada, não colhida, ou não tratada) que é deixada dentro de um padrão espiral pode ser coberta usando um padrão de varredura de atrás e adiante como parte do plano de trajeto tendo um componente espiral. Por exemplo, o planejador de trajeto 10 pode selecionar o

lado mais longo, segmento linear ou porção curvada de área central final como a linha de ou contorno referência. As outras fileiras do padrão de varredura atrás e adiante geralmente estão rastreando ou paralelas à linha de ou contorno referência.

[0077] Figura 21 é um exemplo ilustrativo de um plano de trajeto tendo um componente espiral e evitando áreas de obstáculo internas. O plano de trajeto da Figura 21 é semelhante ao plano de trajeto da Figura 20, exceto para os obstáculos. Onde os obstáculos estão presentes, o plano de trajeto vira. Cada volta para evitar golpear um obstáculo pode resultar nas fileiras adjacentes de rastreamento do veículo em direções geralmente opostas. As fileiras ilustradas na Figura 20 não requerem voltas desimpedidas geralmente ovais e volta de virar como ilustrado previamente.

[0078] O plano de trajeto é composto de uma série de voltas aninhadas que são interconectados com ligações de interconexão. As voltas aninhadas podem ser espaçadas à parte por um espaçamento geralmente uniforme (por exemplo, a largura de veículo, a largura de tarefa, a largura de veículo menos uma tolerância de sobreposição, ou a largura de tarefa menos uma tolerância de sobreposição. As ligações de interconexão podem ser achadas ao longo de um limite virtual que se estende diagonalmente do canto a uma região interior da área de trabalho.

[0079] Na Figura 21, o veículo pode começar na fronteira exterior da área de trabalho e girar em espiral para dentro até que a próxima fileira espiral não possa ser criada. Neste momento, na área central, a solução de cobertura termina a área interior usando um padrão de varredura de atrás e adiante. Este exemplo também tem vários obstáculos internos. A área de trabalho da Figura 21 contém vários obstáculos 777. Cada obstáculo 777 é cercado por uma zona de folga de obstáculo 779, na qual uma volta pode ocorrer contanto que o obstáculo 777 não seja imprensado, contatado ou golpeado. A zona de folga de obstáculo 779 está associada com um limite de zona 781, que é co-

extensivo com um perímetro externo ou periferia externa da zona de folga de obstáculo 779 correspondente sobre um obstáculo 777 respectivo. Aqui, o limite de zona 781 é mostrado como uma ou mais linhas tracejadas.

[0080] O sistema de planejamento de trajeto 111 da Figura 22 é semelhante ao sistema de planejamento de trajeto 11 da Figura 1, exceto que o sistema de planejamento de trajeto 111 da Figura 22 inclui um planejador de trajeto 110, que inclui um estimador de trajeto linear 51, um estimador de trajeto espiral 53, um estimador de volta 55, e um processador de dados 57 para suportar a determinação de se usar um plano de trajeto linear ou um plano de trajeto com um componente espiral (por exemplo, um plano de trajeto espiral) para servir uma área de trabalho definida. O estimador de trajeto linear 51 estima um comprimento linear (ou duração de tempo linear) para cobrir uma área de trabalho com um trajeto de cobertura linear. Em contraste, o estimador de trajeto espiral 53 estima um comprimento espiral (ou duração de tempo espiral) para cobrir uma área de trabalho com um trajeto de cobertura espiral. O estimador de volta 55 estima o comprimento (ou duração) de voltas para fileiras de fim para cobrir a área de trabalho para o trajeto de cobertura linear e o trajeto de cobertura espiral. O processador de dados 57 adiciona o comprimento de voltas para o padrão de cobertura linear ao comprimento linear para obter um primeiro comprimento total e o comprimento de voltas para o padrão de cobertura espiral para o comprimento espiral para obter o segundo comprimento total. O processador de dados 57 determina o mais curto do primeiro comprimento total ou do segundo comprimento total para nomear um plano de trajeto preferencial correspondente como o plano de trajeto linear ou o plano de trajeto espiral. Em uma concretização alternada, o processador de dados 57 determina o menor do primeiro tempo total associado com o trajeto de cobertura linear e o segundo tempo total associado com o trajeto de cobertura espiral, onde primeiro tempo total inclui a duração de tempo linear mais a duração de

tempo de volta apropriada e o segundo tempo total inclui a duração de tempo espiral mais a duração de tempo de volta apropriada. O processador de dados 57 pode aplicar ou recomendar (por exemplo, pela interface de usuário 21) um plano de trajeto espiral, um plano de trajeto linear, ou ambos para cobrir uma área de trabalho particular. A área de trabalho pode ser definida pelo módulo treinador de perímetro 14.

[0081] Figura 23 é um método para determinar se usar um plano de trajeto linear ou um plano de trajeto espiral. O método da Figura 23 começa com a etapa S300.

[0082] Na etapa S300, um estimador de trajeto linear 51 estima uma estimativa de trajeto linear de pelo menos um de um comprimento total (em distância), um tempo decorrido total, e um consumo de energia total para um veículo executar um trajeto de cobertura linear que cobre a região (por exemplo, área de trabalho). Por exemplo, o estimador de trajeto 51 estima o comprimento total ou tempo decorrido total para o veículo atravessar os segmentos de trajeto lineares que cobrem a região (por exemplo, área de trabalho). Para um padrão de cobertura linear, varreduras atrás e adiante produzem linhas retas geralmente paralelas que cobrem a área de trabalho. O estimador considera constrangimentos veiculares tais como raio de curvatura, velocidade máxima, consumo de energia, e similares.

[0083] Na etapa S302, o estimador de volta 55 estima uma primeira estimativa de volta de pelo menos um de um comprimento total, um tempo total, e um consumo de energia total associado com as voltas ao término de fileiras, voltas para evitar obstáculos, ou ambos do plano de trajeto geralmente linear. Por exemplo, o estimador de volta 55 estima o tempo decorrido para o veículo completar todas as voltas (por exemplo, fim de voltas de fileira) que suportam o trajeto de cobertura linear da etapa S300. Sob um procedimento para efetuar a etapa S302, um estimador de volta estima o número de voltas (por exemplo, voltas de fileira de fim) requeridas

para suportar o plano de trajeto de cobertura linear e então converte o número de voltas em um comprimento de volta total, um tempo de volta total e um consumo de energia de volta total.

[0084] Na etapa S304, um processador de dados 57 determina uma primeira figura de mérito para um trajeto de cobertura linear correspondente que cobre a área de trabalho. A primeira figura de mérito pode ser determinada adicionando a estimativa linear à primeira estimativa de volta correspondente. Em um exemplo, a primeira figura de mérito inclui um consumo de energia total estimado para um veículo particular completar um trajeto de cobertura linear particular correspondente, que inclui atravessar os segmentos lineares da etapa S300 e as voltas da etapa S302. Em outro exemplo, a primeira figura de mérito inclui uma duração de tempo total estimada para um veículo particular completar um trajeto de cobertura linear particular correspondente, que inclui atravessar os segmentos lineares da etapa S300 e as voltas da etapa S302. Em outro exemplo, a primeira figura de mérito inclui um comprimento total estimado para um veículo particular completar um trajeto de cobertura linear particular correspondente, que inclui atravessar os segmentos lineares da etapa S300 e as voltas da etapa S302.

[0085] Na etapa S306, um estimador de trajeto espiral 53 estima uma estimativa de trajeto espiral de pelo menos um de um comprimento total (em distância), um tempo decorrido total, e um consumo de energia total para um veículo executar um trajeto de cobertura espiral para uma região. Por exemplo, o estimador de trajeto espiral 53 estima o comprimento total ou tempo decorrido total para o veículo atravessar o contorno ou segmentos de trajeto espirais que cobrem a região. Para uma região de cobertura curvada, varreduras de contorno cobrem uma região com trajetos curvados adjacentes. Tais trajetos se assemelham aos padrões de linhas de contorno achados em um mapa de um declive de colina. O estimador 53 considera constrangimentos veiculares tais como raio de curvatura, velocidade máxima, consumo de

energia, e similares.

[0086] Na etapa S308, o estimador de volta 55 estima uma segunda estimativa de volta de pelo menos um de comprimento, duração de tempo e consumo de energia associado com uma ou mais das voltas seguintes: o número requerido de voltas para fins de fileiras (se requerido), o número requerido de voltas para ligar entre voltas aninhadas (se requerido), voltas para o número requerido de esperar um ou mais obstáculos (se requerido), o número requerido de voltas de virar (se requerido) e o número requerido de outras voltas para o trajeto espiral estimado da etapa S306. Por exemplo, o estimador de volta 55 estima o tempo decorrido para o veículo completar as voltas (se quaisquer) que suportam o trajeto de cobertura espiral da etapa S306. Sob um procedimento para efetuar a etapa S308, um estimador de volta estima o número de voltas (por exemplo, voltas de fileira de fim) requeridas para suportar o plano de trajeto de cobertura espiral e então converte o número de voltas em um comprimento de volta total, um tempo de volta total e consumo de energia de volta total.

[0087] Na etapa S310, um processador de dados 57 determina uma segunda figura de mérito para um trajeto de cobertura espiral correspondente. A segunda figura de mérito pode ser determinada adicionando a estimativa de trajeto espiral à segunda estimativa de volta correspondente. Em um exemplo, a segunda figura de mérito inclui um consumo de energia total estimado para um veículo particular completar um trajeto de cobertura espiral particular correspondente, que inclui atravessar os segmentos espirais da etapa S306 e as voltas da etapa S308. Em outro exemplo, a segunda figura de mérito inclui uma duração de tempo total estimada para um veículo particular completar um trajeto de cobertura espiral particular correspondente, que inclui atravessar os segmentos lineares da etapa S306 e as voltas da etapa S308. Em ainda outro exemplo, a segunda figura de mérito inclui um consumo de energia total estimado do veículo para completar um trajeto de cobertura espiral particular

correspondente, que inclui atravessar os segmentos lineares da etapa S306 e as voltas da etapa S308.

[0088] Na etapa S312, o processador de dados 57 determina se selecionar o trajeto linear ou o trajeto de cobertura espiral baseado na determinada primeira figura de mérito na etapa S304 e na segunda figura de mérito da etapa S310. Se a segunda figura de mérito for superior à primeira figura de mérito, então o processador de dados 57 pode selecionar o trajeto de cobertura espiral como o trajeto de cobertura preferencial. Por exemplo, o processador de dados 57 pode selecionar um trajeto preferencial com o comprimento mais curto, tempo mais curto ou o consumo de energia mais baixo baseado na primeira figura de mérito determinada na etapa S304 e segunda figura de mérito da etapa S310. O trajeto preferencial pode ser o plano de trajeto espiral, mas não precisa ser.

[0089] Sob certas circunstâncias, o trajeto de cobertura espiral para cobertura de área tem vantagens de eficiência ou consumo de energia sobre linhas retas paralelas ou um trajeto de cobertura linear. Por exemplo, quando os contornos da espiral correm adjacente a um lado longo da região a ser coberta, o padrão de cobertura espiral tende a minimizar o número de voltas de ligação requeridas, voltas entre fileiras, ou voltas de virar, que reduz o tempo precisado para completar a operação. Adicionalmente, maximizando o comprimento das fileiras, áreas perdidas são minimizadas e sobreposição entre fileiras pode ser minimizada. A primeira figura de mérito e a segunda figura de mérito são pretendidas para capturar as vantagens de eficiência ou consumo de energia notadas acima e suportar análise disso.

[0090] Embora seja preferível que o contorno de referência seja escolhido tal que o consumo de energia para conclusão do trajeto de cobertura resultante será minimizado de acordo com o método da Figura 23 ou outra técnica, o usuário pode selecionar um trajeto de referência de contorno por outras razões independente da Figura 23 ou qualquer comparação a trajetos

lineares correspondentes para uma região.

[0091] O plano de trajeto e método que têm um componente espiral suporta varreduras espirais para cobrir uma área para aumentar a eficiência das tarefas de trabalho do operador de veículo. De acordo com o plano de trajeto com o componente espiral, o veículo pode começar na fronteira de uma forma e trabalhar em seu modo para dentro até que a área de trabalho tenha sido coberta, ou vice-versa. Trajetos de cobertura espirais são usados para minimizar o número de voltas de fim de fileira que caso contrário poderiam acontecer para um padrão de cobertura com fileiras lineares. A redução ou minimização do número de voltas de fim de fileira (sobre aquelas requeridas para um padrão de cobertura com fileiras geralmente lineares) aumenta a eficiência do veículo e o custo indireto (por exemplo, redução de horas operacionais, consumo de combustível, e custos de trabalho) de uma operação. O veículo e o operador gastam uma porção maior de seu tempo total trabalhando na área de trabalho a ser coberta, em vez de virar ao redor para a próxima fileira.

[0092] O ponto de partida e ponto de fim de qualquer plano de trajeto de espiral pode ser oposto ou transposto para a fase de planejamento de trajeto contra a fase de execução de trajeto em qualquer concretização exposta aqui. Por exemplo, qualquer método de planejamento de trajeto exposto aqui pode trabalhar para dentro de um contorno de referência (por exemplo, limite externo da área de trabalho) para completar o plano de trajeto. Porém, o plano de trajeto espiral formado internamente pode ser executado subsequente por um veículo na ordem inversa, de dentro para fora.

[0093] Tendo descrito a concretização preferida, se tornará aparente que várias modificações podem ser feitas sem partir da extensão da invenção como definida nas reivindicações acompanhantes.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para planejar um trajeto de um veículo, compreendendo as etapas de:

identificar uma fronteira de uma região associada com uma área de trabalho;

definir uma fileira de referência tendo um trajeto de referência que rastreia pelo menos uma maioria da fronteira; e

gerar fileiras de rastreamento que rastreiam a fileira de referência, as fileiras de rastreamento incluindo pelo menos uma fileira de rastreamento interna e uma fileira de rastreamento externa, cada fileira de rastreamento interna tendo pelo menos uma curva interna com um raio menor que uma curva externa de uma fileira de rastreamento externa para formar um plano de trajeto tendo um componente espiral, caracterizado pelo fato de que

se uma região de estreitamento (888) é detectada em uma fileira de rastreamento associada de forma a formar uma região estreita na área de trabalho (934) que restringe a realização de um trajeto espiral, são definidas uma primeira área de cobertura (996) de um lado do estreitamento (888) e uma segunda área de cobertura (998) do outro lado do estreitamento (888).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fronteira inclui uma fronteira externa e em que a geração de fileiras de rastreamento rastreia para dentro da fileira de referência.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fronteira inclui uma fronteira interna sobre um obstáculo na área de trabalho e em que a geração de fileiras de rastreamento rastreia para fora da fileira de referência.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a identificação da fronteira da região é associada com pelo menos uma de uma porção geralmente circular e uma porção geralmente

semi-circular, e em que a geração inclui gerar fileiras de rastreamento para formar um conjunto de arcos para dentro de pelo menos uma da porção geralmente circular e porção geralmente semi-circular.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o raio de cada arco é definido de acordo com a equação seguinte:

Raio de arco = $a \times \theta$, onde a é o raio inicial ou raio externo e em que θ é uma variável que reduz o raio inicial como uma função de deslocamento angular ao longo de um trajeto e para dentro para uma área central da região.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fronteira é geralmente circular e em que as fileiras de rastreamento formam uma espiral com um raio variado que diminui para um interior ou centro da região.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a identificação da fronteira inclui identificar um canto associado com a região; e ainda compreendendo:

estabelecer um trajeto adicional se estendendo diagonalmente entre o canto identificado e uma área central da região.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a identificação da fronteira inclui identificar um canto associado com a região; e ainda compreendendo:

estabelecer um limite virtual se estendendo diagonalmente do canto a uma região interior da região; e

planejar uma ou mais voltas de virar associadas entre fileiras de rastreamento ao longo do limite virtual.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender:

detectar uma região de estreitamento (888) em uma fileira de

rastreamento associada com uma volta em um plano de trajeto; e

definir uma ou mais fileiras de cruzamento na região de estreitamento (888) através da qual o veículo pode percorrer múltiplas vezes para servir áreas em cada lado (996, 998) da região de estreitamento (888) de acordo com um plano de trajeto tendo um componente espiral.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender:

detectar uma região de estreitamento (888) em uma fileira de rastreamento associada com uma volta em um plano de trajeto; e

definir uma primeira área de cobertura em um primeiro lado da região de estreitamento (888) e uma segunda área de cobertura em um segundo lado da região de estreitamento (888).

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de compreender:

aplicar um primeiro plano de trajeto espiral ao primeiro lado (996) e um segundo plano de trajeto espiral a um segundo lado (998).

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a geração inclui:

formar uma série de voltas aninhadas espaçadas à parte uma da outra por um espaçamento geralmente uniforme, pelo menos uma das voltas aninhadas rastreando a fileira de referência; e

ligar uma volta aninhada a outra volta aninhada para interconectar as voltas aninhadas para o plano de trajeto tendo um componente espiral.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a ligação é realizada se movendo transversalmente para dentro às voltas aninhadas para uma área central da região.

14. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a ligação é realizada se movendo transversalmente para fora

às voltas aninhadas longe de uma área central da região.

15. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de compreender:

identificar um canto associado com a região da área de trabalho; e em que a ligação de voltas aninhadas é realizada pelo movimento transversal do veículo ao longo de uma diagonal formada entre a área central e o canto identificado.

16. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender:

identificar a presença de uma ou mais áreas de obstáculo na região; e

definir voltas de virar nas fileiras de rastreamento associadas com um limite de zona de uma ou mais zonas de folga de obstáculo para interconectar fileiras de rastreamento diferentes, enquanto mantendo uma folga desejada de um obstáculo correspondente.

17. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender:

determinar uma primeira figura de mérito para um trajeto de cobertura geralmente linear para a região, a primeira figura de mérito sendo baseada em pelo menos um de comprimento total, tempo total decorrido, e um consumo de energia total de um veículo para executar o trajeto de cobertura geralmente linear;

determinar uma segunda figura de mérito para um trajeto de cobertura geralmente espiral para a região, a segunda figura de mérito sendo baseada em pelo menos um de comprimento total, tempo total decorrido, e um consumo de energia total de um veículo para executar o trajeto de cobertura geralmente espiral; e

determinar se selecionar o trajeto de cobertura geralmente linear ou o trajeto de cobertura espiral baseado na primeira figura de mérito e

na segunda figura de mérito, a seleção baseada em pelo menos um do comprimento total mais curto, o tempo total decorrido mais curto, e o consumo de energia total mais baixo.

18. Planejador de trajeto para planejar um trajeto de um veículo, como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender:

um módulo treinador de perímetro para identificar uma fronteira de uma região associada com uma área de trabalho;

um definidor para definir uma fileira de referência tendo um trajeto de referência que rastreia pelo menos uma maioria da fronteira; e

um gerador para gerar fileiras de rastreamento que rastreia a fileira de referência, as fileiras de rastreamento incluindo pelo menos uma fileira de rastreamento interna e uma fileira de rastreamento externa, cada fileira de rastreamento interna tendo pelo menos uma curva interna com um raio menor que uma fileira de rastreamento externa tendo uma curva externa correspondente com um raio maior.

19. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que a fronteira inclui uma fronteira externa e em que a geração de fileiras de rastreamento rastreia para dentro da fileira de referência.

20. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que a fronteira inclui uma fronteira interna sobre um obstáculo na área de trabalho e em que a geração de fileiras de rastreamento rastreia para fora da fileira de referência.

21. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que um processador de dados detecta a presença de pelo menos uma de uma porção geralmente circular e uma porção geralmente semi-circular da fronteira, e em que a geração inclui gerar fileiras de rastreamento para formar um conjunto de arcos para dentro de pelo menos

uma da porção geralmente circular e porção geralmente semi-circular.

22. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o raio de cada arco é definido de acordo com a equação seguinte:

Raio de arco = $a \times \theta$, onde a é o raio inicial ou raio externo e em que θ é uma variável que reduz o raio inicial como uma função de deslocamento angular ao longo de um trajeto e para dentro para uma área central da região.

23. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que a fronteira é geralmente circular e em que as fileiras de rastreamento formam uma espiral com um raio variado que diminui para um interior ou centro da região.

24. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que um processador de dados suporta identificação de um canto da fronteira associada com a região; e ainda em que o gerador estabelece um trajeto adicional se estendendo diagonalmente entre o canto identificado e uma área central da região.

25. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que um processador de dados suporta a identificação de um canto da fronteira associada com a região; e em que o gerador estabelece um limite virtual se estendendo diagonalmente do canto a uma região interior da região,

um módulo de interconexão planejando uma ou mais voltas de virar entre fileiras de rastreamento ao longo do limite virtual.

26. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de ainda compreender:

um detector para detectar uma região de estreitamento (888) em uma fileira de rastreamento associada com uma volta em um plano de trajeto; e

um módulo de interconexão definindo uma ou mais fileiras de cruzamento na região de estreitamento (888) através da qual o veículo pode percorrer múltiplas vezes para servir áreas em cada lado da região de estreitamento (888) de acordo com um plano de trajeto tendo um componente espiral.

27. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que compreende:

um detector para detectar uma região de estreitamento (888) em uma fileira de rastreamento associada com uma volta em um plano de trajeto; e

um definidor para definir uma primeira área de cobertura em um primeiro lado da região de estreitamento (888) e uma segunda área de cobertura em um segundo lado da região de estreitamento (888).

28. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de compreender:

um processador de dados para aplicar um primeiro plano de trajeto espiral ao primeiro lado e um segundo plano de trajeto espiral a um segundo lado.

29. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que:

um gerador é arranjado para formar uma série de voltas aninhadas espaçadas à parte uma da outra por um espaçamento geralmente uniforme, pelo menos uma das voltas aninhadas rastreando a fileira de referência;

um módulo de interconexão para ligar uma volta aninhada a outra volta aninhada para interconectar as voltas aninhadas.

30. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de compreender:

um sistema de proteção para identificar a presença de uma ou

mais áreas de obstáculo na região; e

um módulo de enchimento de região espiral para definir voltas nas fileiras de rastreamento associadas com um limite de zona de uma ou mais zonas de folga de obstáculo para interconectar fileiras de rastreamento diferentes.

31. Planejador de trajeto de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de compreender:

um estimador de trajeto linear e um estimador de volta para determinar uma primeira figura de mérito para um trajeto de cobertura geralmente linear para a região, a primeira figura de mérito sendo baseada em pelo menos um de comprimento total, tempo total decorrido, e um consumo de energia total de um veículo para executar o trajeto de cobertura geralmente linear;

um estimador de trajeto espiral e o estimador de volta para determinar uma segunda figura de mérito para um trajeto de cobertura geralmente espiral para a região, a segunda figura de mérito sendo baseada em pelo menos um de comprimento total, tempo total decorrido, e um consumo de energia total de um veículo para executar o trajeto de cobertura geralmente espiral; e

um processador de dados para determinar se selecionar o trajeto de cobertura geralmente linear ou o trajeto de cobertura espiral baseado na primeira figura de mérito e na segunda figura de mérito, a seleção baseada em pelo menos um do comprimento total mais curto, o tempo total decorrido mais curto, e o consumo de energia total mais baixo.

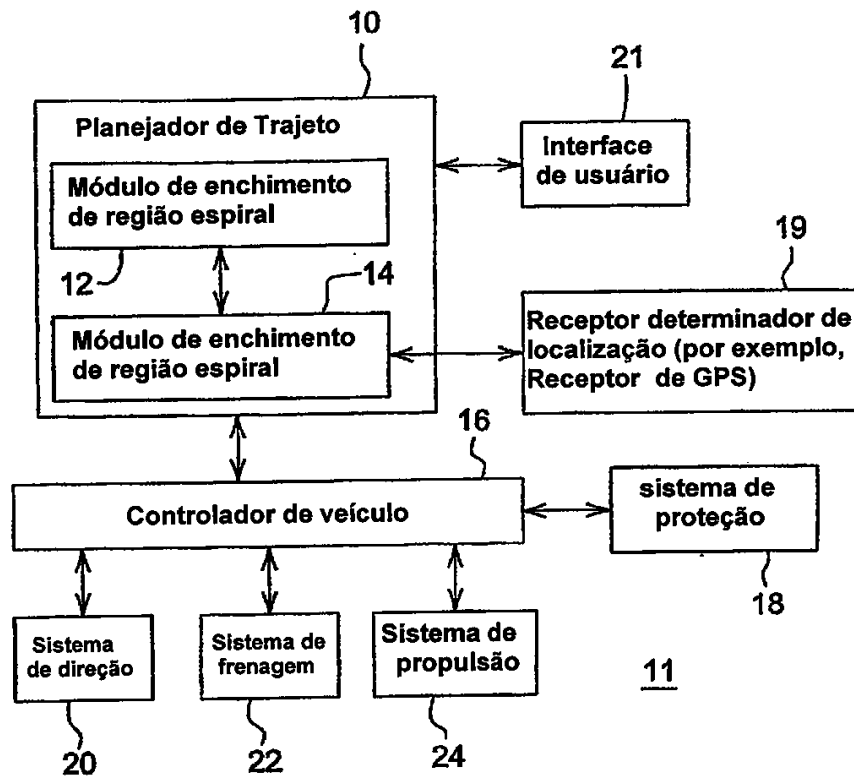


Fig. 1

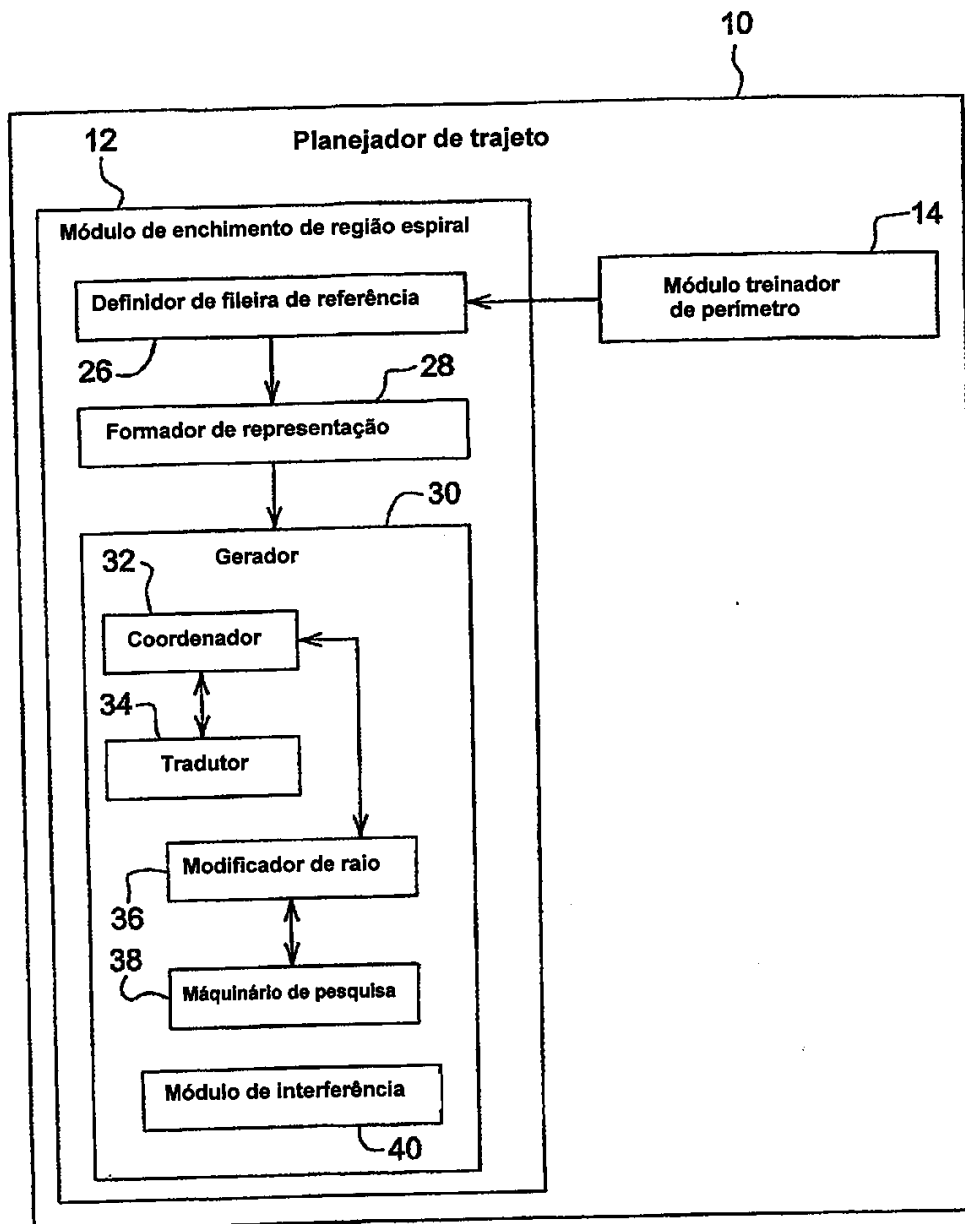


Fig. 2

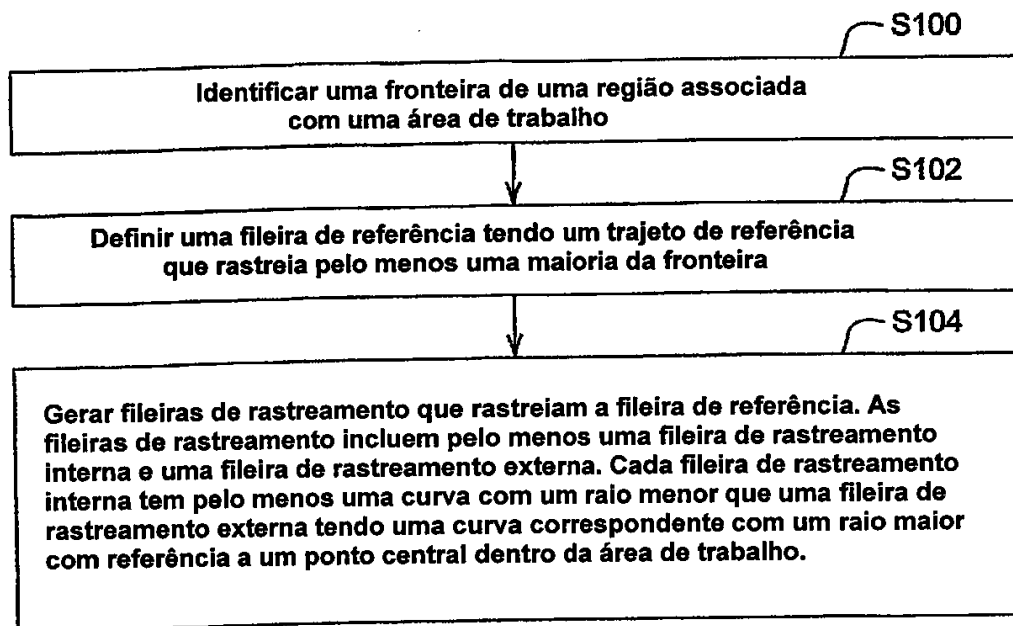


Fig. 3

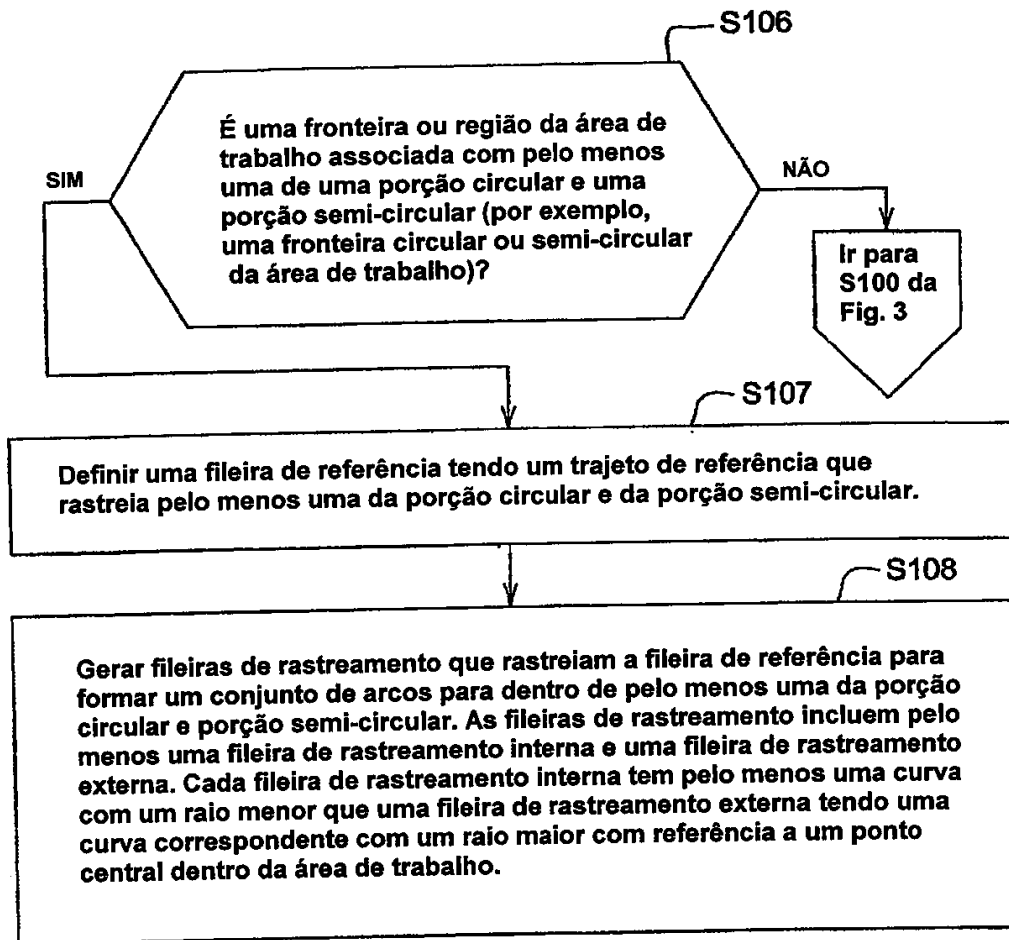


Fig. 4

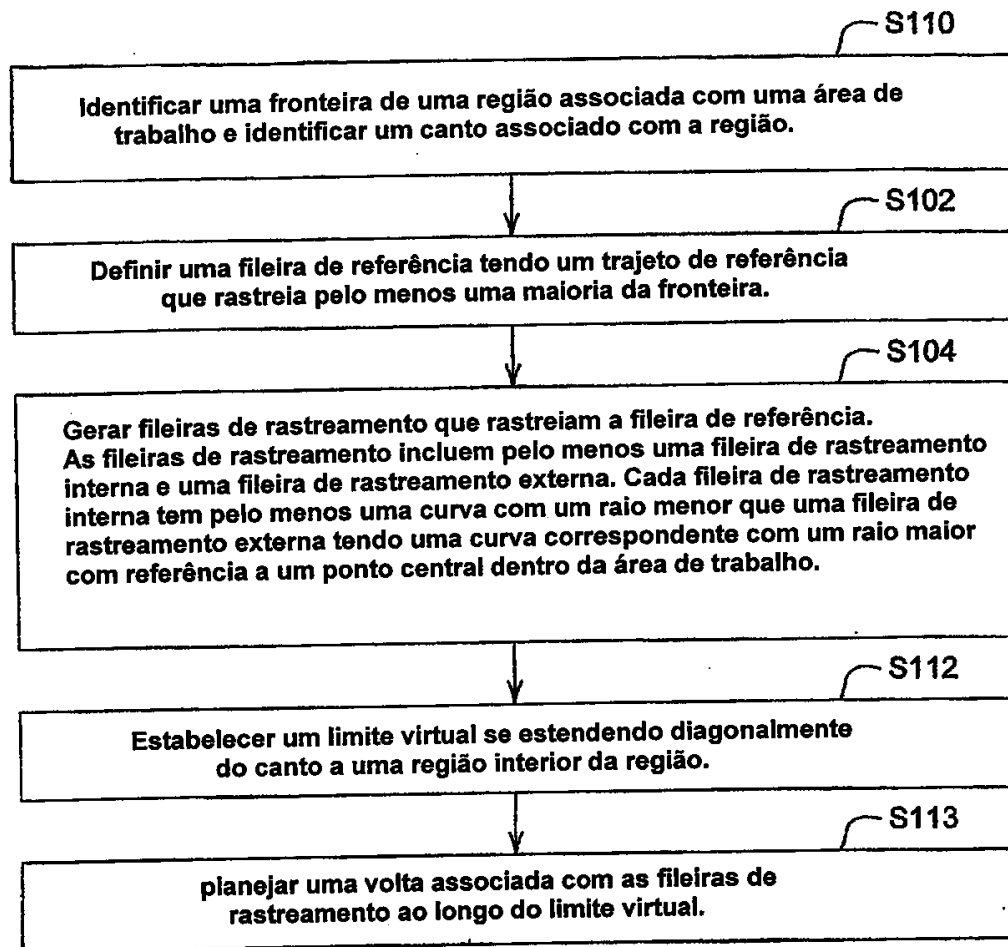


Fig. 5A

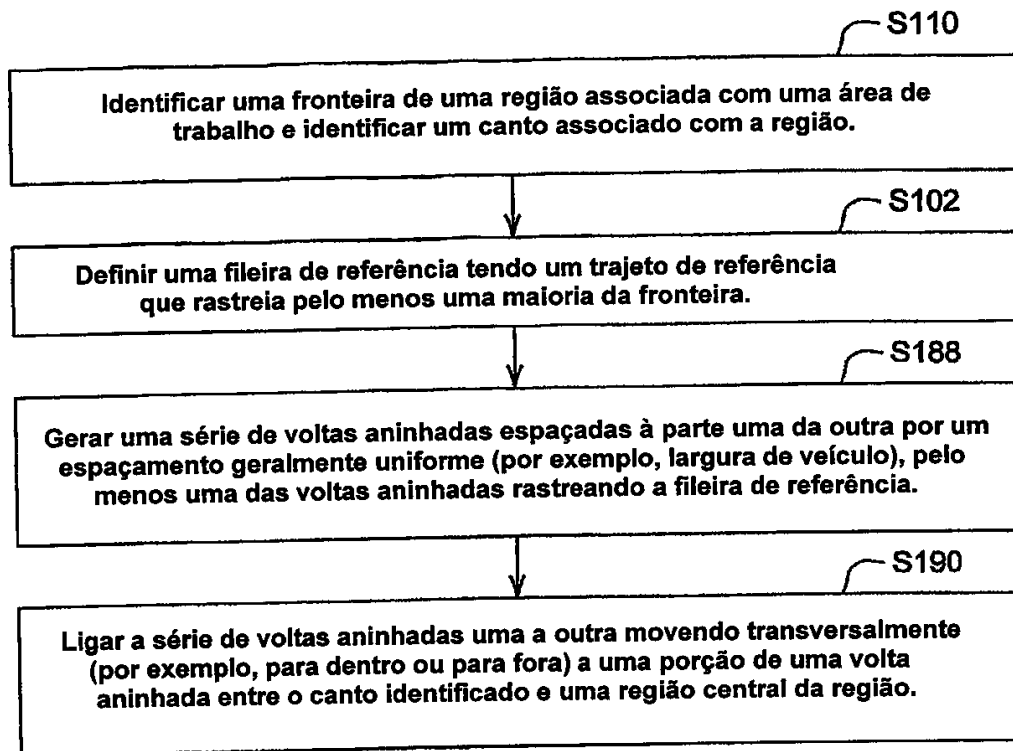


Fig. 5B

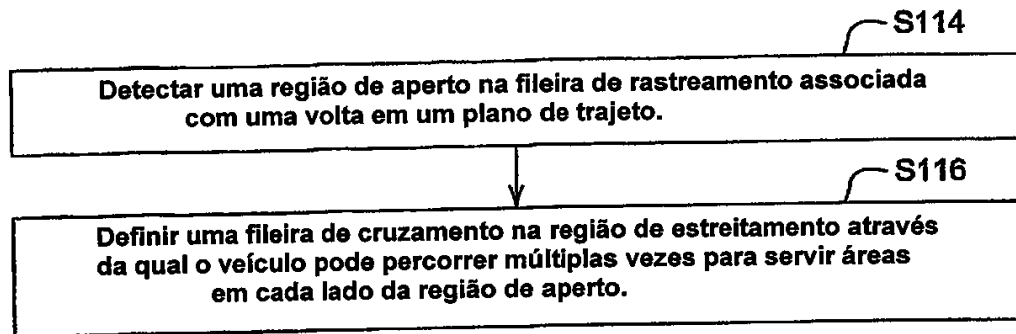


Fig. 6

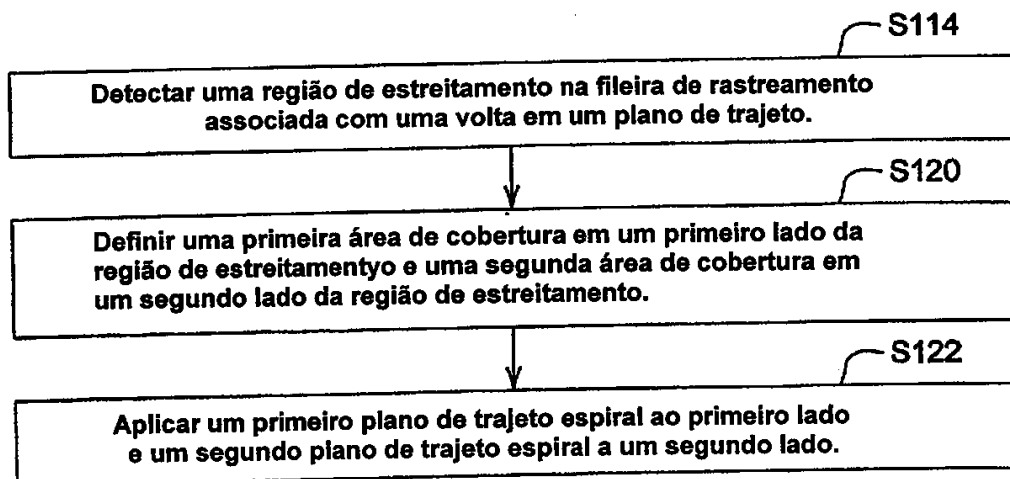


Fig. 7

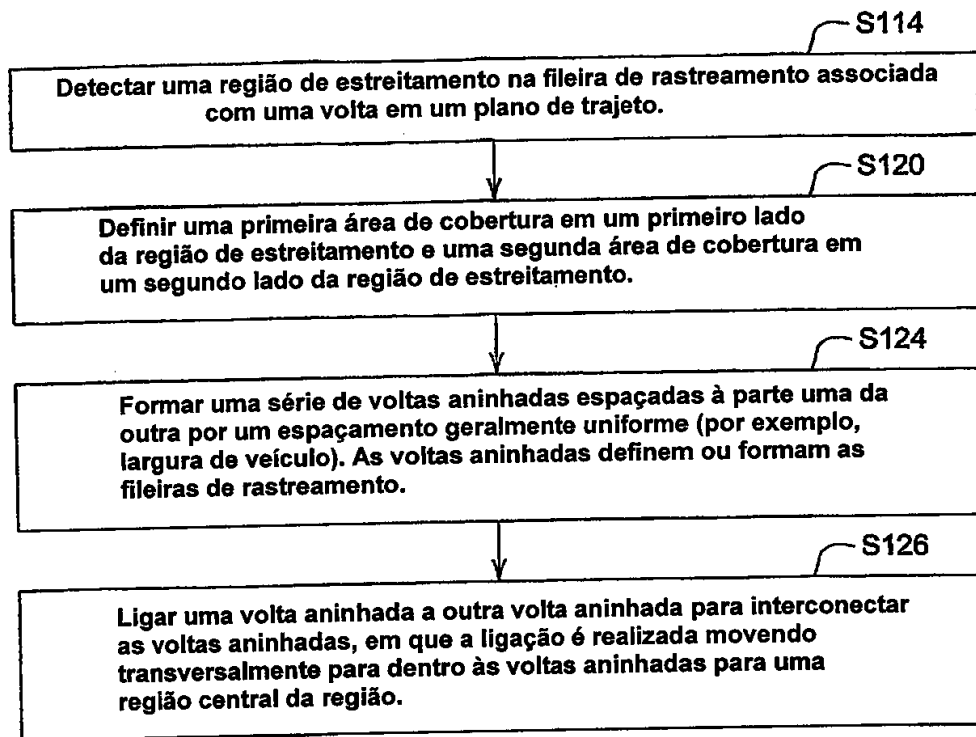
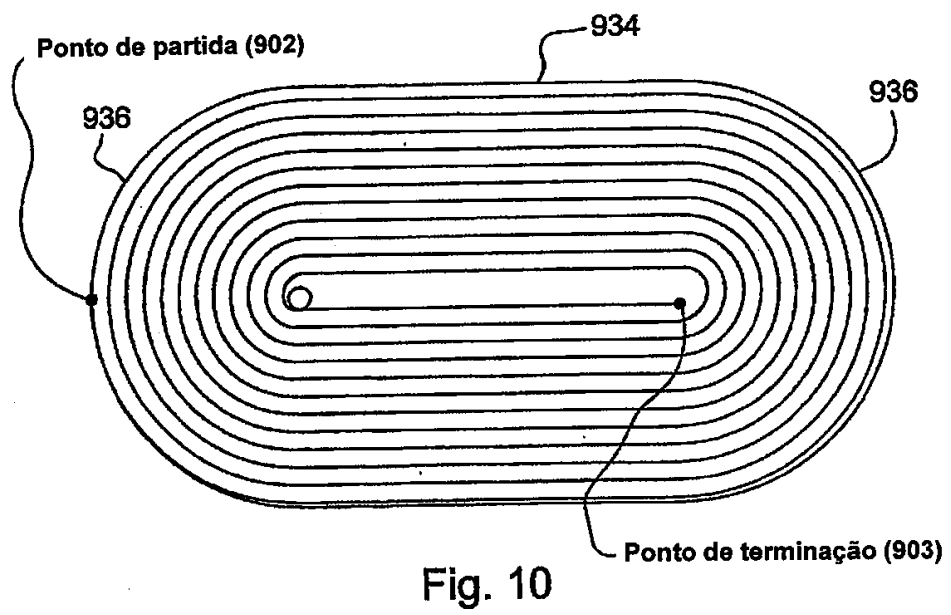
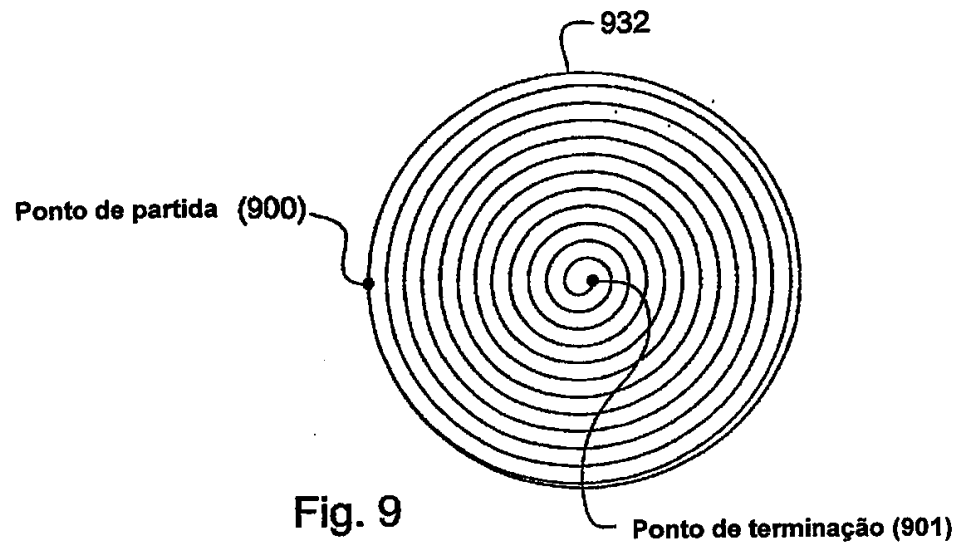


Fig. 8



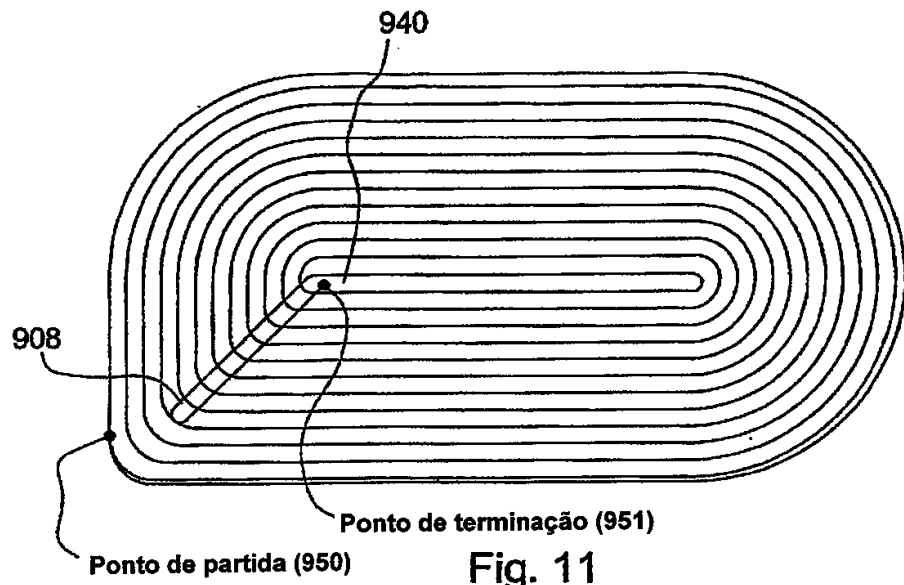


Fig. 11

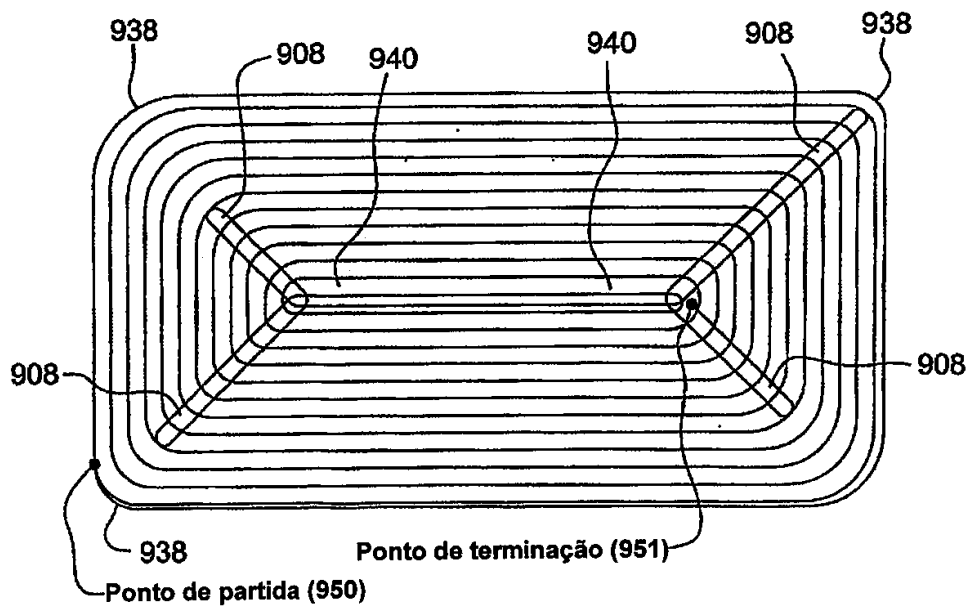


Fig. 12

Fig. 13

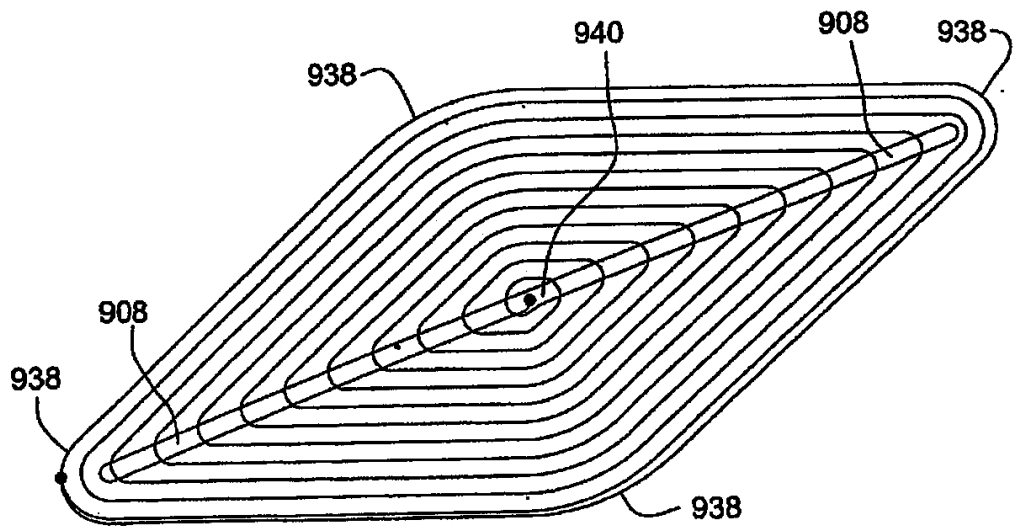
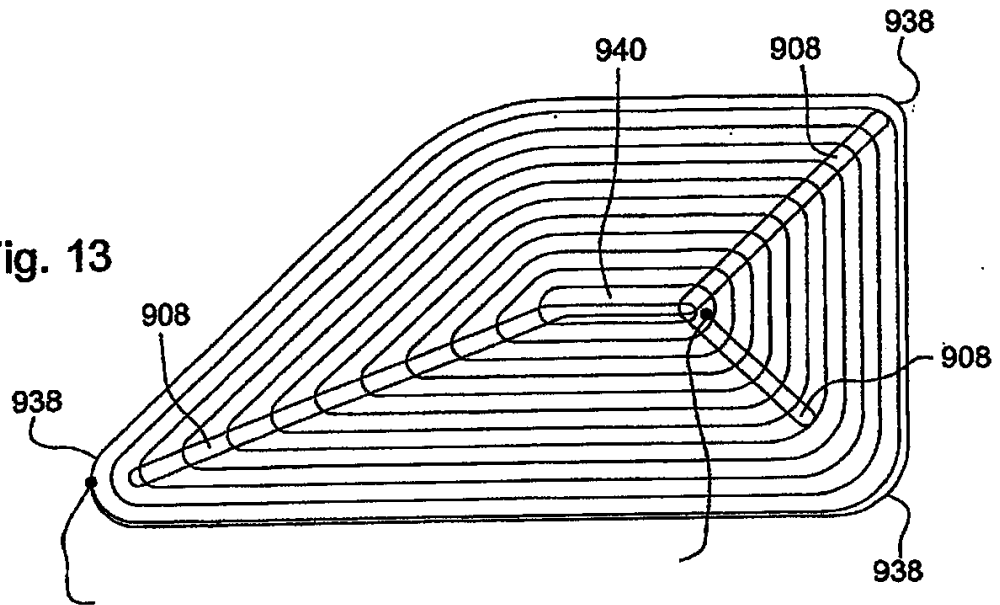


Fig. 14

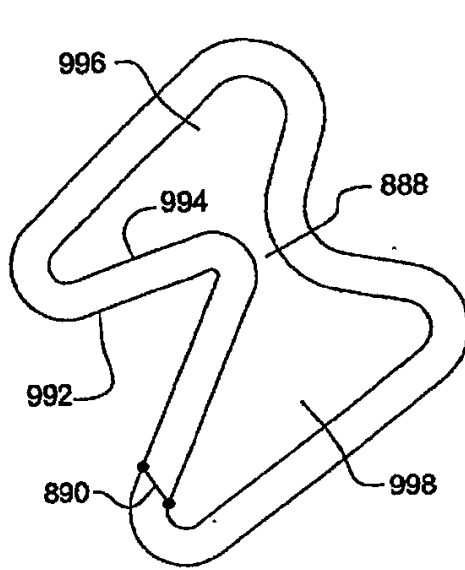


Fig. 15

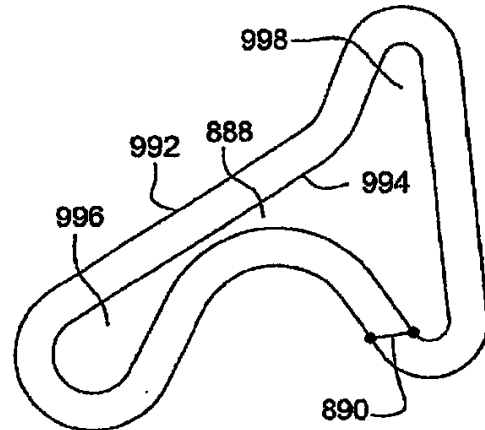


Fig. 16

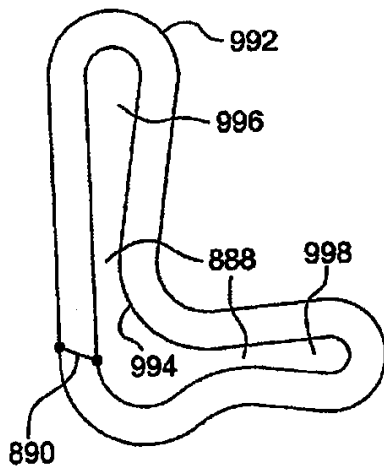


Fig. 17

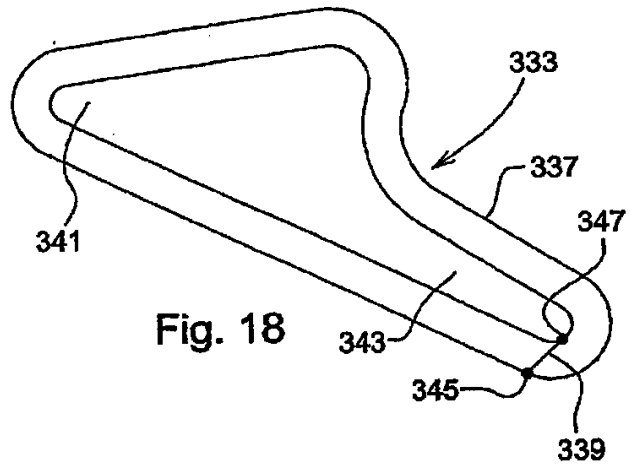


Fig. 18

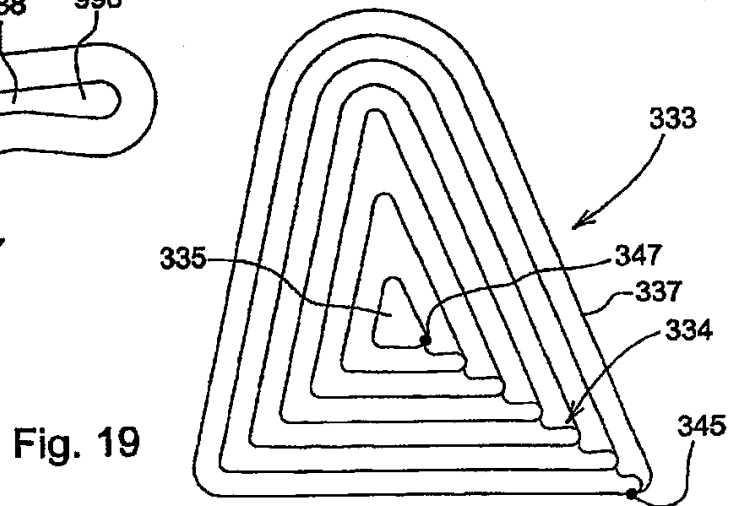


Fig. 19

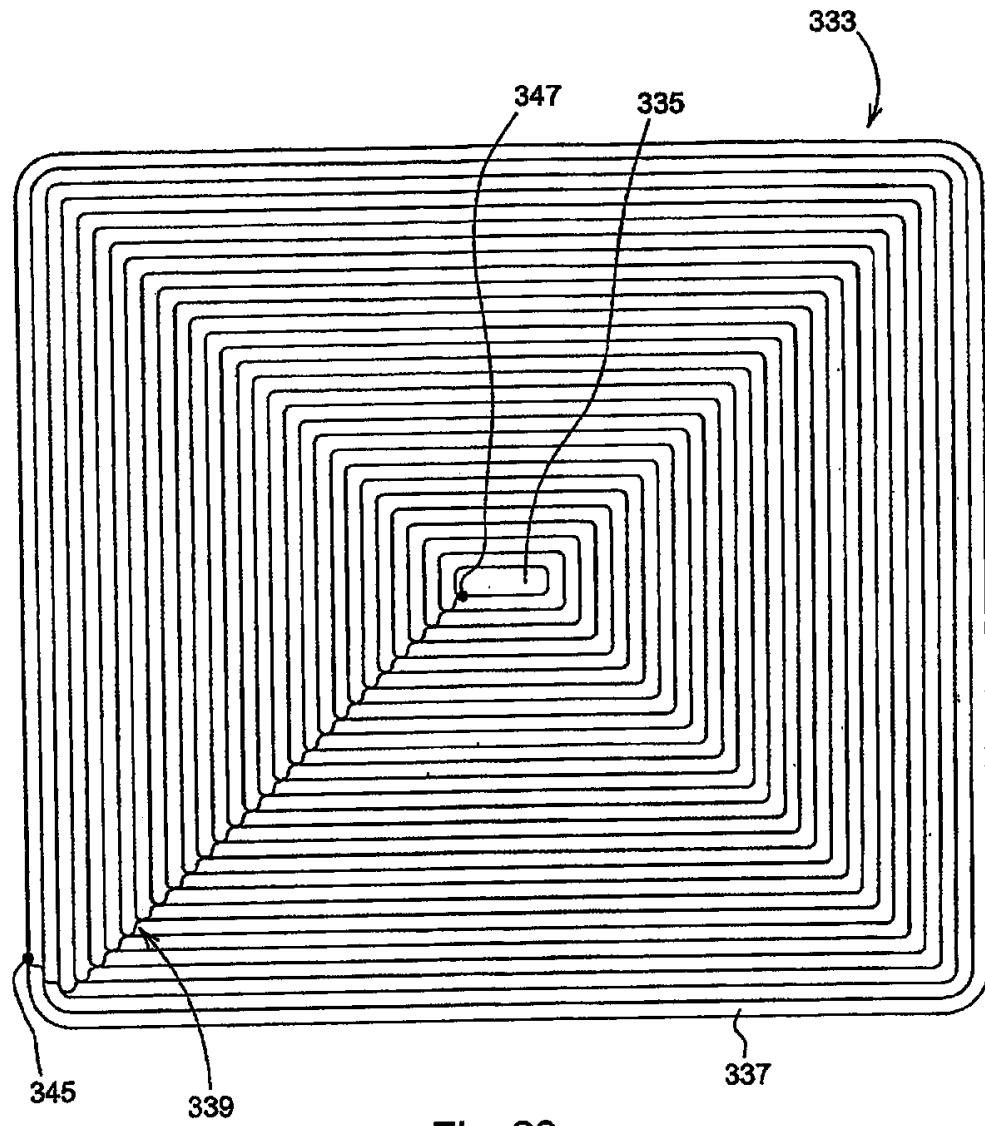


Fig. 20

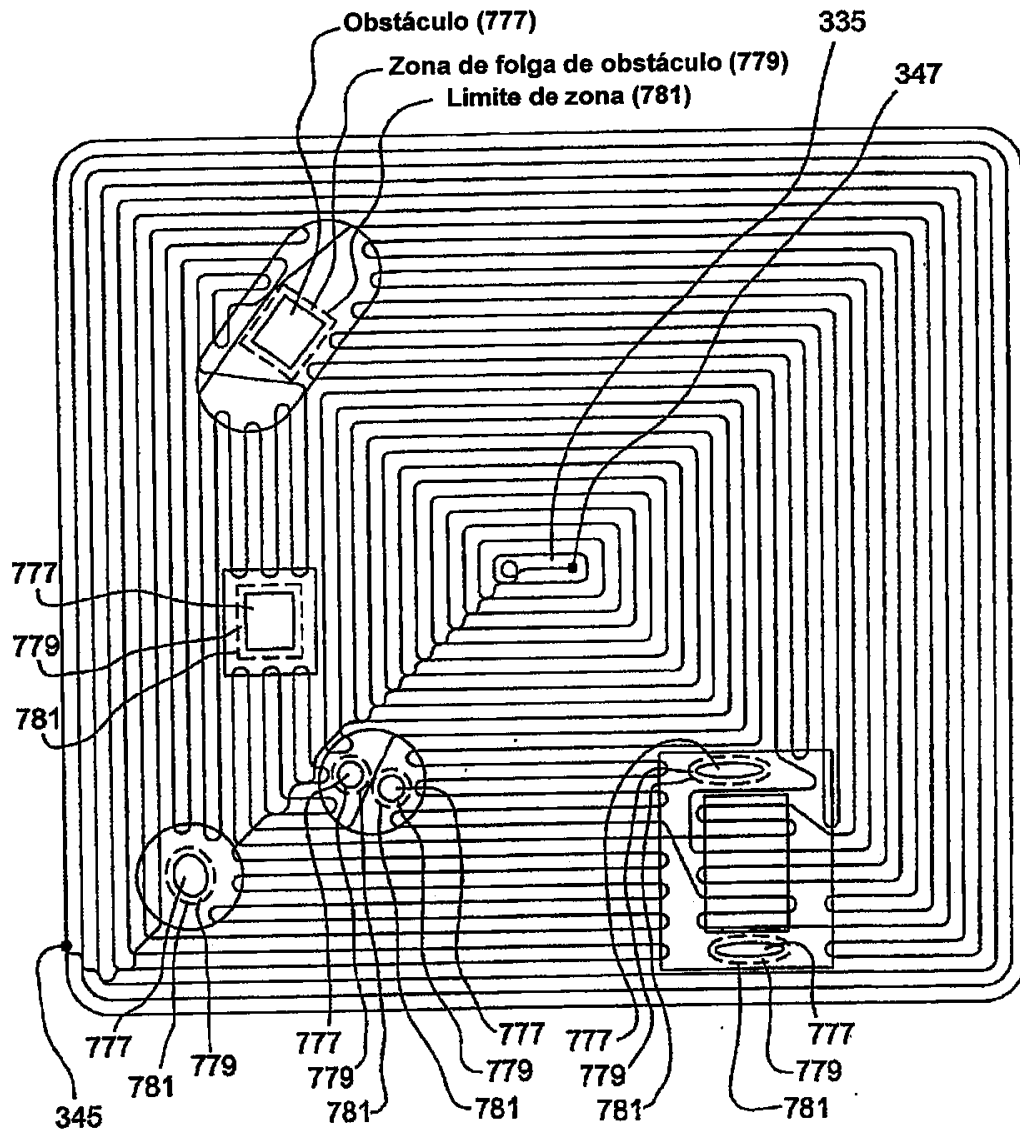


Fig. 21

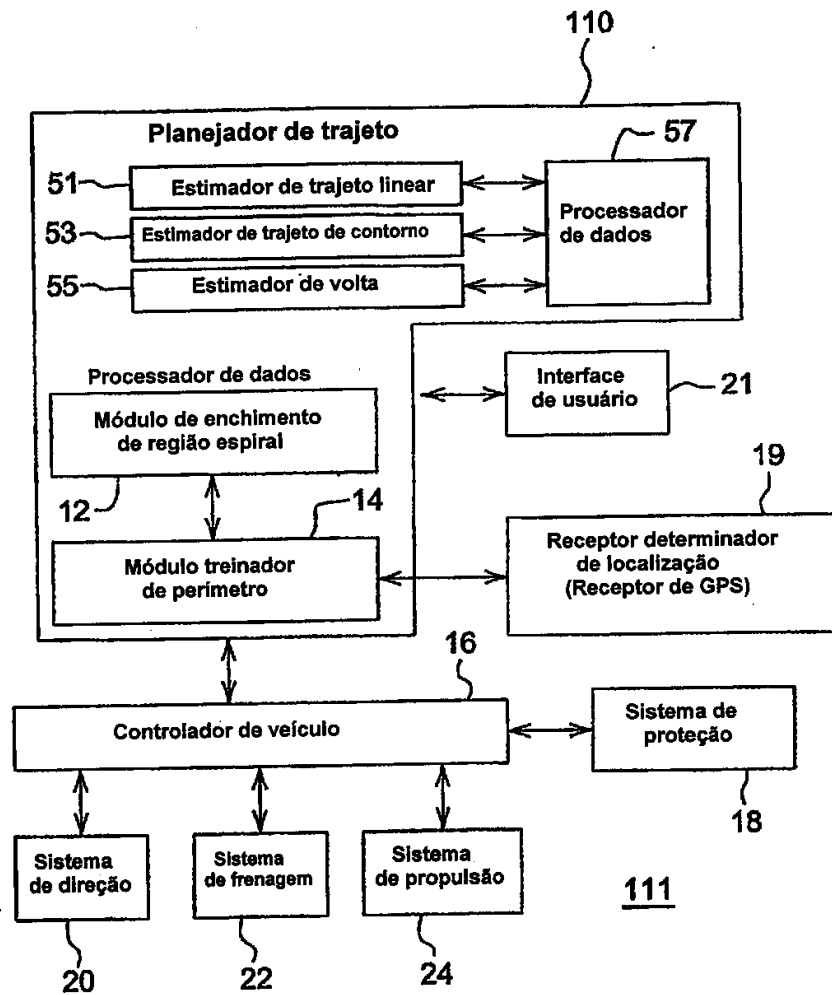


Fig. 22

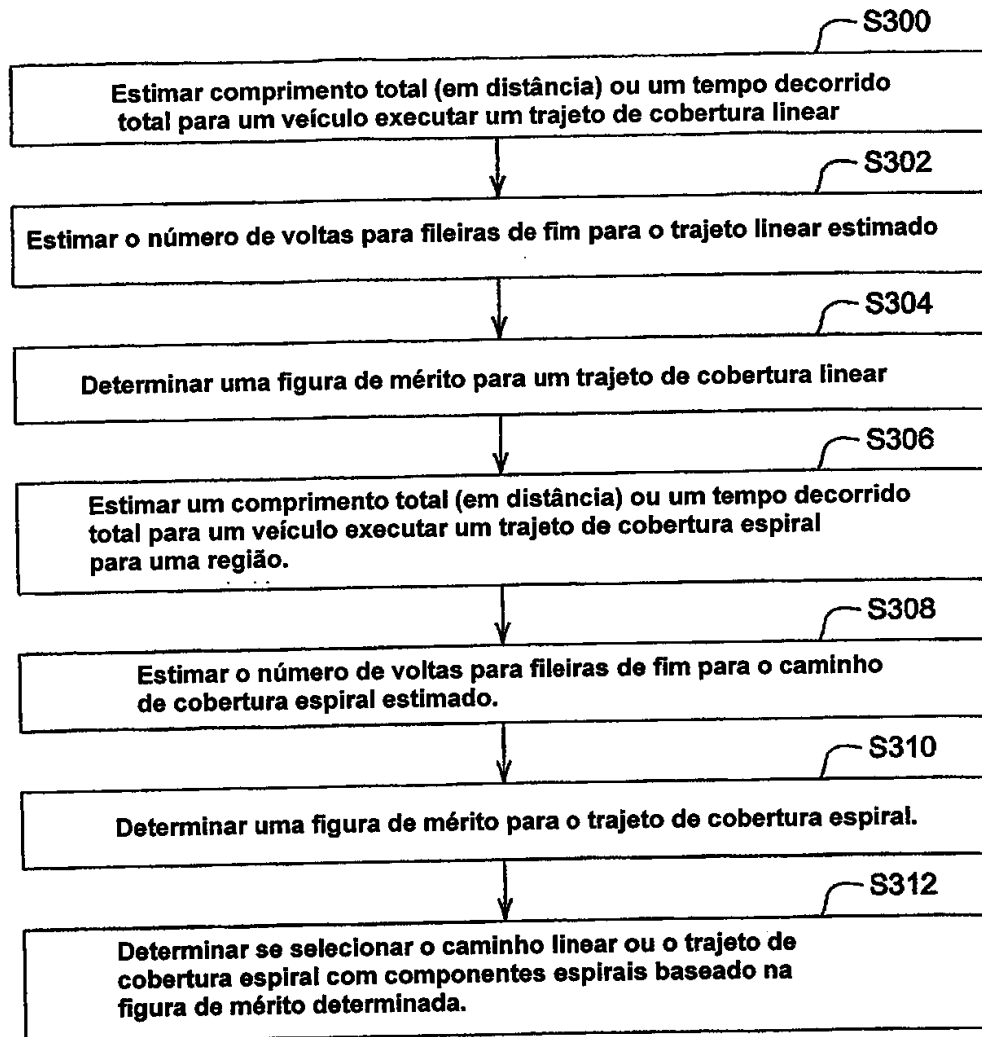


Fig. 23