

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

(21) **PI 0713969-1 A2**

(22) Data de Depósito: 26/06/2007
(43) Data da Publicação: 18/12/2012
(RPI 2189)



(51) *Int.Cl.:*
G06F 17/50

(54) Título: MÉTODO E SISTEMA PARA REALIZAR AUTOMATICAMENTE UM ESTUDO DE UM ESPAÇO MULTIDIMENSIONAL

(30) Prioridade Unionista: 21/06/2007 US 11/766.672,
28/06/2006 US 60/805.983

(73) Titular(es): Sam Stathis

(72) Inventor(es): Sam Stathis

(74) Procurador(es): NELLIE ANNE DAIEL-SHORES

(86) Pedido Internacional: PCT US2007072134 de
26/06/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/002918 de
03/01/2008

(57) Resumo: MÉTODO E SISTEMA PARA REALIZAR AUTOMATICAMENTE UM ESTUDO DE UM ESPAÇO MULTIDIMENSIONAL Um método e um sistema compreendendo uma estação Mestre, um processador e um ou mais alvos que permitem que um usuário do referido sistema gere automaticamente uma representação gráfica tridimensional de um local de construção e também superponha um desenho sobre a representação gráfica para guiar o usuário dentro de um espaço sendo exibido pelo processador.

“MÉTODO E SISTEMA PARA REALIZAR AUTOMATICAMENTE UM ESTUDO DE UM ESPAÇO MULTIDIMENSIONAL”

Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se a um sistema e a um método para gerar, de uma maneira automática, uma representação gráfica de um espaço multidimensional.

Fundamentos da invenção

Realização de um projeto a partir de um conceito para implementação é um desafio, particularmente na medida em que se relaciona à indústria de construção. Na indústria de construção, arquitetos, projetistas, engenheiros e semelhantes são encarregados pela tarefa de concepção de idéias e redução dos conceitos à forma tangível tais como desenhos de projetos, que podem ser então implementados por empreiteiros no campo. O processo de implementação ou construção pode ser uma tarefa árdua, o sucesso da qual baseia-se fortemente na capacidade de um empreiteiro reproduzir precisamente as dimensões e relações espaciais mostradas nos desenhos ou documentos de projeto pertencentes ao projeto específico em mãos. Erros de empreiteiros na reprodução do que os documentos de projeto indicam são um aspecto comum da prática de construção e algo que frequentemente resulta em ações corretivas custosas. Em alguns casos, o erro é devido à ausência de uma apreciação real das características de um local no qual a construção deve ocorrer. Por exemplo, se o projeto para que um espaço seja renovado requerer que uma porta seja colocada em uma localização específica e aquela localização no local de construção mostrar ter uma coluna na localização exata onde a porta deve estar, um reprojeto custoso dos desenhos de projeto pode se tornar necessário. Outra ocorrência comum que conduz a medidas de remediação custosas é quando o layout impreciso de um local de construção conduz à construção de elementos principais do projeto no lugar errado provocando um reajuste custoso quando o erro é finalmente descoberto.

Geralmente, o sucesso de qualquer projeto de construção baseia-se fortemente em bons controles dimensionais nos quais se pode basear de modo que as relações espaciais contempladas em um projeto possam ser precisamente reproduzidas no campo. Controles dimensionais são normalmente responsabilidade de arquitetos, comerciantes (p.ex., eletricitas, bombeiros, instaladores de Drywall) ou fiscais. ‘Estudos de tal como está construído’ ou tarefas de fiscalização típicos incluem medir ou fiscalizar um local para determinar condições existentes e o layout de referenciais, pontos de referência e outros monumentos que podem ser utilizados para orientar adequadamente os empreiteiros na construção do projeto. Quando ocorrem erros no desempenho dessas tarefas, resulta o tipo de erros descritos acima. Alguns erros não são devidos a medições imprecisas ou ‘estudos de tal como construído’, mas em vez disso o pobre controle de monumentos tal como quando um monumento ou referencial tal como um estaca inadvertidamente batida ou uma

marcação a lápis inadvertidamente esfregada no campo por uma pessoa ou uma peça de equipamento. Não é totalmente incomum para um funcionário da obra em uma situação como esta simplesmente recolocar a marcação a lápis ou estaca em uma localização que supostamente seria sua localização original, mas que, na realidade, não era a localização original. Quando isso ocorre, qualquer referência subsequente a esse referencial resultará em erros resultantes do fato de que um controle dimensional está agora no lugar errado mas não reconhecido como estando no lugar errado. Além disso, erros resultantes do uso do ponto de referência impreciso podem ser adicionalmente compostos pelo fato de que erros podem não ser descobertos por algum tempo.

Erros na medição ou fiscalização, se relacionados ao estudo de um local ou ao layout de um projeto, podem ser apenas evitados começando com uma 'verificação tal como construído' precisa e proteção vigilante de referenciais e monumentos e sua re-verificação frequente. Na prática, essa tarefa pode ser extremamente consumidora de tempo e de trabalho intensivo requerendo tipicamente que grupos de técnicos revisitem um local frequentemente e verifiquem manualmente referenciais e monumentos existentes ou, se necessário, que estabeleçam manualmente referenciais a monumentos.

Sumário da Invenção

A presente invenção fornece um sistema e método para a geração automática de uma representação gráfica N-dimensional de um espaço multidimensional, em que N é um número inteiro igual ou maior que 2.

O método para realizar um estudo automático de um espaço multidimensional (por exemplo, um espaço 3D) usando o sistema da presente invenção envolve a medição de distâncias do equipamento do sistema até um ou mais pontos de referência selecionados no espaço multidimensional, e a medição de distâncias do equipamento do sistema até vários objetos e estruturas existentes no espaço multidimensional. Estas medições são usadas pelo sistema da invenção para gerar automaticamente, em tempo real, um desenho (que pode ser em formato digital) ou representação gráfica do espaço multidimensional com base nas medições feitas pelo equipamento do sistema, pelo menos parte do qual fica localizada no espaço multidimensional.

Além do mais, além de criar uma representação gráfica, em tempo real, do espaço multidimensional que está sendo estudado, o sistema da presente invenção também pode mostrar a posição, em tempo real, de um dos seus componentes (por exemplo, um alvo) em relação aos locais medidos do espaço multidimensional que está sendo estudado. Assim, quando tal componente estiver afixado em um usuário ou for possuído por um usuário do sistema, os método e sistema podem exibir o local do usuário no espaço que está sendo estudado ou em um espaço virtual sobreposto no espaço que está sendo estudado para guiar o usuário através dos espaços.

O esquema automático do espaço multidimensional de um canteiro de obras de acordo com os método e sistema da presente invenção envolve o uso de pontos de referência, tais como marcos geodésicos e/ou alvos, para estabelecer o local, posição e orientação de uma ou mais estruturas e/ou objetos designados para ficar dispostos no espaço multidimensional. Tipicamente, um projeto para o desenvolvimento de um espaço multidimensional é memorizado como um ou mais desenhos (por exemplo, desenhos CAD ou Projeto Auxiliado por Computador) que representam precisamente os relacionamentos espaciais entre objetos e/ou estruturas do espaço multidimensional a ser construído. O projeto, quando representado graficamente, representa um espaço virtual com recursos físicos específicos. Durante a execução do esquema automático do espaço multidimensional por um usuário do sistema da presente invenção, o sistema, em relação aos desenhos do projeto, se orienta no espaço multidimensional e, então, aponta o preciso local dos objetos e/ou estruturas selecionados contidos nos desenhos do projeto, como eles se traduziriam no espaço multidimensional. Assim, a presente invenção pode guiar o usuário no espaço multidimensional para um único ponto (ou área ou volume ou outra região dimensional superior), habilitando o usuário a fazer marcações no espaço multidimensional que indicam o posicionamento, orientação e/ou arranjo específicos de objetos e/ou estruturas a ser construídos nos limites do espaço multidimensional. Em uma modalidade da presente invenção, o usuário pode controlar o equipamento do sistema da presente invenção para fazer automaticamente as marcações para estruturas e/ou objetos especificados no projeto.

O sistema da presente invenção compreende componentes que incluem pelo menos uma estação Mestre, um Processador e um ou mais alvos. Os componentes do sistema da presente invenção estão em comunicação uns com os outros para permitir que o sistema realize um estudo e esquema automáticos de um espaço multidimensional. Durante o estudo e/ou esquema do espaço multidimensional, o sistema pode guiar um usuário no espaço multidimensional pela exibição do espaço multidimensional (por exemplo, uma representação gráfica 3D) que inclui objetos e/ou estruturas conhecidos ou já estudados e o local físico atual do usuário, guiando de forma simultânea e efetiva o usuário no espaço multidimensional e indicando efetivamente ao usuário onde fazer as marcações quando o usuário estiver realizando um esquema do espaço multidimensional. Adicionalmente, o sistema da presente invenção pode exibir o espaço virtual como uma sobreposição à representação do espaço multidimensional. Assim, à medida que o usuário se move fisicamente no espaço multidimensional, o sistema da presente invenção pode rastrear o local do usuário e exibir o dito local na representação gráfica do espaço real e/ou virtual em tempo real. A exibição pode ser parte da Estação Mestre do Processador, ou ambos os componentes podem ter monitores.

O exposto esboçou, de forma bem geral, os recursos preferidos da presente

invenção de forma que versados na técnica possam entender melhor a descrição detalhada da invenção que segue. Serão descritos a seguir recursos adicionais da invenção que formam o objeto das reivindicações da invenção. Versados na técnica percebem que eles podem usar prontamente os conceitos e a modalidade específica divulgados como uma base para o projeto ou modificação de outros dispositivos para realizar os mesmos propósitos da presente invenção, e que tais outros dispositivos não fogem do espírito e do escopo da invenção em sua forma mais ampla.

Descrição Resumida dos Desenhos

Agora, será feita referência com detalhes às modalidades preferidas da presente invenção, cujos exemplos são ilustrados nos desenhos anexos.

A figura 1 mostra um fluxograma do método da presente invenção;

A figura 2 mostra uma primeira modalidade do sistema da presente invenção que compreende uma estação Mestre, um alvo e um processador portátil;

A figura 3 mostra uma segunda modalidade com um feixe de laser emanando da estação Mestre para marcar um local com base em comandos do processador portátil;

A figura 4 mostra uma terceira modalidade do sistema da presente invenção, em que a estação Mestre direciona um robô móvel para produzir uma marcação visível em uma superfície no espaço multidimensional.

A figura 5 mostra uma quarta modalidade (similar àquela da figura 4), em que a marcação é uma sobreposição do vetor de projeção de um padrão desejado;

A figura 6 mostra a quarta modalidade, em que a marcação é uma projeção bidimensional que simula um padrão tridimensional;

A figura 7 mostra uma quinta modalidade, em que a estação Mestre direciona o robô móvel para usar tinta para marcar posições no solo;

A figura 8 mostra uma sexta modalidade, em que a estação Mestre direciona o robô móvel para um local para realizar uma operação com ferramenta, tal como perfuração;

A figura 9 mostra uma sétima modalidade, em que a estação Mestre direciona o robô móvel para um local para realizar metrologia com um braço do robô capaz de fazer medições e marcações no piso;

A figura 10 mostra a sétima modalidade, em que a marcação ocorre em uma parede;

A figura 11 mostra uma oitava modalidade, similar à primeira modalidade, exceto em que a estação Mestre rastreia múltiplos prismas, cada qual comunicando com um Processador diferente, e os Processadores comunicando uns com os outros;

A figura 12A mostra uma vista elevada das duas unidades de telêmetro a laser (A e B), cada qual capaz de medir tanto sua altura vertical a partir do piso quanto sua distância em relação ao outro telêmetro;

A figura 12B mostra uma vista ampliada de um telêmetro a laser e prisma rotatório;

A figura 13 mostra uma vista plana da configuração da figura 12, que mostra adicionalmente um sensor alvo para triangulação de posição;

5 A figura 14 mostra um telêmetro que usa uma vara com um sensor e outro equipamento para fornecer medições de distância e de altura;

As figuras 15A e 15B mostram um processador portátil com um sistema de medição inercial que compreende três giroscópios e um acelerômetro; a figura 15A é uma vista isométrica do exterior do processador portátil; a figura 15B é uma vista isométrica que mostra os componentes essenciais dispostos na unidade do Processador.

10 Descrição Detalhada

A presente invenção fornece um sistema e método para a geração automática de uma representação gráfica N-dimensional de um espaço multidimensional, em que N é um número inteiro igual ou maior que 2. Para facilidade da explicação e clareza da descrição, os sistema e método da presente invenção serão descritos no contexto de um projeto de
15 construção no qual estruturas e/ou objetos são construídos, arranjados, posicionados e orientados, um em relação ao outro, em um espaço multidimensional cujas características físicas específicas são representadas em um desenho, tal como um desenho CAD (Projeto Auxiliado por Computador) gerado por um arquiteto e/ou engenheiro ou outro profissional da construção. Entende-se que o método e o sistema da presente invenção não são limitados
20 ao estudo e/ou esquema automáticos de um projeto de construção, mas abrangem o rearranjo de qualquer espaço multidimensional que usa objetos e/ou estruturas já existentes no espaço ou introduzidos no espaço.

O método para realizar um estudo automático de um espaço multidimensional (por exemplo, um espaço 3D) que usa o sistema da presente invenção envolve a medição de
25 distâncias do equipamento do sistema até um ou mais pontos de referência selecionados no espaço multidimensional e a medição das distâncias do equipamento do sistema até vários objetos e estruturas existentes no espaço multidimensional. Estas medições são usadas pelo sistema da invenção para gerar automaticamente, em tempo real, um desenho (que pode ser em formato digital) ou representação gráfica do espaço multidimensional com base
30 nas medições feitas pelo equipamento do sistema, pelo menos parte do qual fica localizada no espaço multidimensional.

Além do mais, além de criar uma representação gráfica, em tempo real, do espaço multidimensional que está sendo estudado, o sistema da presente invenção também pode
35 mostrar a posição, em tempo real, de um dos seus componentes (por exemplo, um alvo) em relação aos locais medidos do espaço multidimensional que está sendo estudado. Assim, quando tal componente estiver afixado em um usuário ou for possuído por um usuário do sistema, os método e sistema podem exibir o local do usuário no espaço que está sendo

estudado ou em um espaço virtual sobreposto no espaço que está sendo estudado para guiar o usuário através dos espaços.xxx

O esquema automático do espaço multidimensional de um canteiro de obras de acordo com os método e sistema da presente invenção envolve o uso de pontos de referência, tais como marcos geodésicos e alvos, para estabelecer o local, posição e orientação de uma ou mais estruturas e/ou objetos designados para ficar dispostos no espaço multidimensional. Tipicamente, um projeto para o desenvolvimento de um espaço multidimensional é memorizado como um ou mais desenhos (por exemplo, desenhos CAD ou Projeto Auxiliado por Computador) que representam precisamente os relacionamentos espaciais entre objetos e/ou estruturas do espaço multidimensional a ser construído. O projeto, quando representado graficamente, representa um espaço virtual com recursos físicos específicos. Durante a execução do esquema automático do espaço multidimensional por um usuário do sistema da presente invenção, o sistema, em relação aos desenhos do projeto, se orienta no espaço multidimensional e, então, aponta o preciso local dos objetos e/ou estruturas selecionados contidos nos desenhos do projeto, como eles se traduzem no espaço multidimensional. Assim, a presente invenção pode guiar o usuário no espaço multidimensional até um único ponto (ou área ou volume ou outra região dimensional superior), habilitando o usuário a fazer marcações no espaço multidimensional que indicam o posicionamento, orientação e/ou arranjo específicos de objetos e/ou estruturas a ser construídos nos limites do espaço multidimensional. Em uma modalidade da presente invenção, o usuário pode controlar o equipamento do sistema da presente invenção para fazer automaticamente as marcações para estruturas e/ou objetos especificados no projeto.

O sistema da presente invenção compreende componentes que incluem pelo menos uma estação Mestre, um Processador e um ou mais alvos. Os componentes do sistema da presente invenção estão em comunicação uns com os outros para permitir que o sistema realize um estudo e esquema automáticos de um espaço multidimensional. Durante o estudo e/ou esquema do espaço multidimensional, o sistema pode guiar um usuário no espaço multidimensional pela exibição do espaço multidimensional (por exemplo, uma representação gráfica 3D) que inclui objetos e/ou estruturas conhecidos ou já estudados e o local físico atual do usuário, guiando de forma simultânea e efetiva o usuário no espaço multidimensional e indicando efetivamente ao usuário onde fazer as marcações quando o usuário estiver realizando um esquema do espaço multidimensional. Adicionalmente, o sistema da presente invenção pode exibir o espaço virtual como uma sobreposição à representação do espaço multidimensional. Assim, à medida que o usuário se move fisicamente no espaço multidimensional, o sistema da presente invenção pode rastrear o local do usuário e exibir o dito local na representação gráfica do espaço real e/ou virtual em tempo real.

Como será claramente mostrado por toda esta especificação, uma tarefa é feita “automaticamente” quando algumas ou todas as etapas necessárias para completar a tarefa forem realizadas pelo equipamento do sistema da presente invenção de acordo com o método da presente invenção. Algumas ou todas as etapas finais para as várias tarefas aqui discutidas são realizadas pelo equipamento do sistema que pode ser controlado por software embarcado e/ou por software embutido em tal equipamento. Assim, tais tarefas são realizadas automaticamente.

Espaço virtual é uma representação visual ou representação matemática de um espaço multidimensional que pode ser representado com base em informação (por exemplo, gráfica e/ou textual) que descreve os limites, objetos e/ou estruturas em particular de um projeto para o canteiro de obras, o posicionamento e a orientação dos objetos e/ou estruturas um em relação ao outro e em relação aos pontos de referência estabelecidos designados no espaço multidimensional, e as dimensões físicas reais dos objetos e/ou estruturas definidos. Informação que memoriza o projeto é referida como informação virtual. Um exemplo de informação virtual é um conjunto de desenhos (por exemplo, desenhos CAD (Projeto Auxiliado por Computador) 2D ou 3D) gerados por um arquiteto ou engenheiro para um projeto de construção. Doravante, os termos “canteiro de obras” e “espaço multidimensional” serão usados indiferentemente.

O termo “estudo”, da forma aqui usada, diz respeito ao processo de um usuário (preferivelmente, um Navegador Arquitetural) que usa o sistema da presente invenção de acordo com o método da presente invenção para localizar pontos de referência e outros locais especificados (por exemplo, monumentos, marcos geodésicos) em um canteiro de obras, para medir distâncias entre estes pontos especificados, para identificar estruturas e/ou objetos existentes no canteiro de obras, para medir as dimensões físicas reais dos objetos e/ou estruturas existentes e para medir distâncias entre objetos e/ou estruturas existentes localizados no canteiro de obras para gerar automaticamente uma representação (por exemplo, desenho CAD gráfico 2D ou 3D ou outro tipo de representação) do canteiro de obras em tempo real, isto é, à medida que o estudo é feito. Os pontos de referência são pontos ou locais especificamente definidos no canteiro de obras que são designados como pontos a partir dos quais as medições são inicialmente feitas. Usualmente, pontos de referência são identificados na informação virtual pelos projetistas (por exemplo, arquitetos, engenheiros) e são usualmente marcados no espaço multidimensional por um inspetor no local do espaço multidimensional. A informação gerada a partir do estudo pode se tornar parte da informação virtual.

O termo “esquema”, da forma aqui usada, diz respeito ao processo de identificar automaticamente, em tempo real, o preciso local do ponto específico e/ou o local, orientação e arranjo dos objetos e estruturas em um canteiro de obras com base nos pontos de

referência e na informação virtual gerada por um projeto e/ou estudo. O processo de esquema também pode envolver guiar o usuário do sistema no espaço multidimensional que está sendo esquematizado até um local preciso. Então, o local preciso pode ser marcado pelo usuário, ou o usuário da presente invenção pode usar o equipamento que é parte do sistema da presente invenção para marcar automaticamente os locais dos objetos e estruturas no canteiro de obras.

O sistema e método da presente invenção habilitam um usuário a executar um estudo e/ou um esquema de um canteiro de obras pela realização de um mapeamento entre o canteiro de obras (isto é, espaço multidimensional) e o espaço virtual. Um mapeamento diz respeito à especificação de um ponto conhecido em um espaço e ao cálculo ou determinação de um ponto correspondente em um outro espaço onde há um relacionamento bem definido (por exemplo, matemático) entre os dois espaços. Por exemplo, como é feito durante o esquema, um mapeamento do espaço virtual até o espaço multidimensional ocorre quando o método da presente invenção aplica o relacionamento bem definido em um ponto nos desenhos do projetista para determinar ou calcular o local do ponto correspondente no espaço multidimensional.

O termo “canteiro de obras”, da forma usada nesta especificação, é entendido abrangendo qualquer espaço multidimensional com limites definidos no qual a construção de objetos e estruturas, e seu posicionamento e orientação uns em relação aos outros, podem ser realizadas. O canteiro de obras também inclui qualquer espaço multidimensional no qual parte ou toda a construção foi feita. Assim, os termos “canteiro de obras” e “espaço multidimensional” serão doravante usados indiferentemente.

O método da presente invenção automatiza os processos associados com o uso de pontos de referência, tais como marcos geodésicos, alvos e/ou referências fornecidas, para realizar um estudo automático ou um esquema automático, ou ambos, de um espaço multidimensional. Tipicamente, antes do começo da construção no canteiro de obras, linhas de referência e marcos geodésicos são fornecidos pelos inspetores. Tipicamente, estas referências fornecidas são 2 linhas perpendiculares, uma em relação à outra, formando um plano bidimensional que representa um sistema de coordenadas x-y (linhas perpendiculares, uma das quais é um eixo geométrico x e a outra sendo um eixo geométrico y) estabelecido pelos inspetores como as linhas a partir das quais são feitas as medições para o posicionamento e/ou orientação dos objetos e estruturas pelos coordenadores da obra (por exemplo, carpinteiros, bombeiros, eletricitistas) no canteiro de obras. Além do mais, inspetores também podem fornecer “marcos geodésicos”, que são pontos específicos no canteiro de obras medidos a partir das linhas de referência, fornecidos para habilitar adicionalmente os coordenadores da obra a orientar objetos e/ou estruturas no canteiro de obras. Tipicamente, marcos geodésicos são pontos deslocados em relação a qualquer lugar

ao longo das linhas de referência e identificados nas estruturas existentes (por exemplo, coluna) no canteiro de obras. Assim, por exemplo, se as linhas de referência para um espaço bidimensional forem traçadas no piso do canteiro de obras, os marcos geodésicos podem ser pontos medidos a partir de qualquer lugar ao longo das duas linhas de referência onde tal ponto pode ficar no plano x-y formado pelas linhas de referência ou pode ficar ao longo do eixo geométrico z perpendicular tanto a x quanto a y em uma terceira dimensão do espaço tridimensional. Assim, os marcos geodésicos são pontos de referência que existem no espaço N-dimensional, em que N é um número inteiro igual ou maior que 2.

I. Os Método e Sistema da Presente Invenção

O método da presente invenção permite que um usuário introduza alvos no espaço multidimensional, que são pontos de referência adicionais que devem ser usados durante um estudo e/ou esquema do espaço multidimensional. Os alvos diferem dos marcos geodésicos em que eles são dispositivos arbitrariamente posicionados por todo o espaço multidimensional que podem receber e transmitir (ativa e passivamente) informação do sistema da presente invenção para estabelecer pontos de referência adicionais. Por exemplo, um alvo pode ser um material chato de forma quadrada relativamente pequeno com uma superfície refletiva que pode refletir sinal infravermelho ou outro sinal eletromagnético (luz, sinal de rádio, feixe de laser) para permitir que um ponto de referência no espaço multidimensional seja estabelecido e documentado pelo sistema da presente invenção. Tal alvo pode ser afixado sobre várias superfícies no espaço multidimensional por um usuário do sistema da presente invenção para permitir o estudo e/ou esquema automáticos do espaço multidimensional. Um outro exemplo de um alvo é um prisma localizado em uma vara posicionada no espaço de construção. Alvos podem ser estacionários ou móveis. Um alvo ativo pode gerar e transmitir sinais a outro equipamento do sistema da presente invenção para indicar sua posição no espaço multidimensional. Um alvo passivo reflete energia que ele recebe dos outros componentes ou equipamentos do sistema da presente invenção para indicar seu local no espaço multidimensional.

Em relação à figura 1, é mostrado um fluxograma do método da presente invenção que é realizado usando o sistema da presente invenção. Várias modalidades do sistema da presente invenção são mostradas nas figuras 2 - 15. Nas modalidades do sistema mostradas, o método da presente invenção pode ser implementado como programa de software residente em um dispositivo Processador (por exemplo, computador portátil). O dispositivo processador é qualquer dispositivo no qual software executa as etapas do método da presente invenção como comandos a vários outros componentes do sistema para executar o estudo e/ou esquema automático do espaço multidimensional.

O Software do Sistema, doravante referido como Theocad(SM), pode ser implementado como uma parte do software Projeto Auxiliado por Computador (CAD), tal

como software AutoCAD®, que permite que um usuário gere uma representação gráfica de um espaço multidimensional. O software também tem uma interface gráfica de usuário (GUI) construída para facilitar o uso no mercado de construção e arquitetural. Desta maneira, Theocad(SM) é perfeitamente integrado no AutoCAD® para tirar vantagem das capacidades de geração gráfica de tal software. Percebe-se que Theocad(SM) pode ser implementado como um pacote de software independente que pode gerar seus próprios gráficos. Theocad(SM) é adequado para realizar localização, navegação, leitura e gravação de tarefas de construção específicas rapidamente.

Theocad(SM) pode ficar localizado em um computador de mão, portátil, tipo prancheta ou de mesa, ou outro Processador com a capacidade de comunicar (transmitir informação ou receber informação) com um módulo de estação Mestre. A informação pode ser comandos e/ou respostas gerados pelo módulo da estação Mestre ou Processador. O Processador pode ser qualquer microprocessador, microcontrolador, microcomputador, computador de grande porte, computador de mesa ou outro dispositivo de processamento que pode executar instruções na forma de um programa de software e que tem um monitor para exibir gráficos. O módulo da estação Mestre pode ser qualquer dispositivo bem conhecido que pode medir distância, ângulo e outros locais de linhas de referência, marcos geodésicos e alvos dispostos no espaço multidimensional. Por exemplo, o módulo de estação Mestre mostrado na figura 2 pode ser um dispositivo comumente referido como uma estação total, e uma estação particularmente aplicável pode ser um Leica Geosystems Series 1200 Modelo 3. A estação total Leica 1200 pode resolver um local em uma distância de 304,8 metros (1.000 pés) com uma precisão de $\pm 4,76$ milímetros (3/16 de uma polegada) em um período de 3 segundos. A estação total Leica 1200 Series Modelo 3 pode rastrear um prisma móvel e, assim, rastrear qualquer dispositivo móvel do qual mede-se a distância em relação a alvos, tais como prismas e outros alvos refletivos. Assim, o Software do Sistema pode funcionar como software de medição de distância, de navegação e de controle de documentação. O Software do Sistema transmite comandos e recebe telemetria da Estação Mestre. O Software do Sistema transmite comandos para o software embarcado da Estação Mestre dizendo a ela para realizar tarefas especificadas sob demanda (por exemplo, virar em uma direção especificada ou mover para cima ou para baixo até uma posição angular em particular, ligar ou desligar o ponteiro de laser, medir distância ou ângulo, etc.). A Estação Mestre responde pela execução das funções exigidas e, então, pela retransmissão do desempenho ou da telemetria medida ao Software do Sistema. Percebe-se que todo o Software (por exemplo, TheoCAD e AutoCAD) pode ficar localizado no Processador ou na Estação Mestre, ou que partes do software podem ficar residentes tanto no Processador quanto na estação Mestre.

Referindo-se temporariamente à figura 2, é mostrada uma primeira modalidade do

sistema da presente invenção que compreende o módulo de estação Mestre 100 (mostrado como um dispositivo robótico estacionário) com um tripé (107), telêmetro a laser 104, um dispositivo de comunicações sem fios 102 (incluindo uma antena) localizado no topo, e um computador e interface de usuário 106. O sistema compreende adicionalmente Processador 114 e pelo menos um alvo, tal como prisma 108. O módulo de estação Mestre, implementado como uma estação total, é um dispositivo robótico que move o laser 104 para rastrear constantemente o prisma 108 localizado na vara 112, que é similar à vara de um inspetor, exceto em que ela tem um dispositivo de comunicações sem fios 110 localizado em uma de suas extremidades da forma mostrada. A estação total conhece o local do prisma, e aquele local é comunicado ao Processador 114 através do dispositivo de comunicação 110 pelo módulo digital de estação Mestre 110. O dispositivo de comunicação 100 é acoplado no Processador 114 e é usado pelo Processador 114 para receber e/ou transmitir informação ao módulo de estação Mestre 100 que tem seu próprio dispositivo de comunicação 102. Os dispositivos de comunicação 110 e 102 podem ser qualquer tipo de dispositivo de comunicação sem fios que pode trocar informação uns com os outros de acordo com um protocolo. Um protocolo é um conjunto de regras que define como a informação é formatada, transmitida, recebida e interpretada por dispositivos que transmitem e/ou recebem informação. O protocolo pode ser um protocolo bem conhecido ou um projetado pelo fabricante do sistema da presente invenção. Caso a comunicação da localização do prisma seja interrompida, o módulo de estação Mestre 100 instituirá um programa padrão de busca a fim de encontrar o prisma. Em virtude de o Processador 114 ser anexado na vara 112, a localização do Processador 114 no canteiro de obras pode ser determinada pelo módulo de estação Mestre 100. Mais especificamente, o módulo de estação Mestre 100 pode determinar sua localização no canteiro de obras usando o procedimento bem conhecido de triangulação. Portanto, em virtude de o módulo de estação Mestre 100 conhecer sua localização e a localização relativa do Processador 114, a localização do Processador no canteiro de obras também pode ser determinada pelo módulo de estação Mestre 100. Assim, o Processador 114 é mostrado como um dispositivo de processamento portátil que executa software AutoCAD® e TheoCAD(SM), o dispositivo sendo carregado com software especial que exibe desenhos CAD modificados de um local (tanto vista plana quanto vista elevada) para formar um mapa virtual de um canteiro de obras. Então, agora, o dispositivo portátil pode sobrepor sua posição no mapa virtual.

Novamente, em relação à figura 1, o método da presente invenção mostra a etapa 10, onde os dispositivos de comunicação estabelecem comunicação uns com os outros. O módulo de estação Mestre 100, alvos, e o Processador 114 da figura 2 podem ter dispositivos de comunicação associados com eles. Mediante ativação inicial do sistema da presente invenção (isto é, sistema é LIGADO pela primeira vez), as várias ligações de

comunicação entre os diferentes dispositivos de comunicação são estabelecidas. O estabelecimento da ligação de comunicação entre quaisquer dois dispositivos exige a confirmação de que os dispositivos estão LIGADOS e que os dispositivos podem comunicar uns com os outros. Adicionalmente, a comunicação entre os dispositivos é de maneira tal que eles possam interpretar corretamente a informação uns dos outros. Tipicamente, um procedimento de conexão tipo aperto de mão entre dois dispositivos é usado para estabelecer uma ligação entre os dois dispositivos. Assim, a ligação é a capacidade de efetivamente comunicar de acordo com um protocolo que está sendo seguido pelo sistema.

Na etapa 12 do método da presente invenção, os vários pontos de referência são identificados e localizados. Tipicamente, inspetores fornecem linhas de referência e marcos geodésicos. Adicionalmente, alvos estrategicamente posicionados através do canteiro de obras também são localizados e identificados. Além do mais, a estação Mestre é posicionada no canteiro de obras em relação às linhas de referência ou aos marcos geodésicos nos alvos. Pode haver ocasiões em que não há linhas de referência disponíveis no canteiro de obras. Em tais ocasiões, os alvos são usados como pontos de referência em relação aos quais a estação Mestre é posicionada. Os marcos geodésicos e as linhas de referência podem ser indicados em um desenho CAD do espaço multidimensional onde o dito desenho é armazenado no Processador (por exemplo, Processador 114 da figura 2) do sistema ou pode ser transferido para o Processador do sistema. Alvos são instalados ou afixados em vários pontos no canteiro de obras pelo usuário e, assim, presumivelmente, seus locais são conhecidos pelo usuário. Quando uma estação total Leica modelo 1200 for usada como uma estação Mestre, ela pode localizar automaticamente certos tipos de alvo, tal como um prisma.

Na etapa 14 do método da presente invenção, os vários pontos de referência são medidos usando a estação total Leica modelo 1200 (por exemplo, estação Mestre 100 da figura 2). Em particular, as distâncias dos pontos de referência até a estação Mestre e os ângulos (vertical e horizontal) dos pontos de referência em relação à estação Mestre são medidos e armazenados na estação total. A estação total transmite esta informação ao Processador (por exemplo, Processador 114 da figura 2). O Processador (tal como o Processador 114 da figura 2), que está sob o controle do TheoCAD(SM) usando AutoCAD® como uma plataforma, pode processar a dita informação para gerar pelo menos dois tipos específicos de informação que levam às etapas 16 e 18 do método da presente invenção. Percebe-se que TheoCAD(SM) pode ser usado como software independente e usa seu próprio conjunto de instruções para gerar a informação discutida nas etapas 16 e 18 do método da presente invenção.

Na etapa 16 do método da presente invenção, o software TheoCAD(SM) calcula, por meio do bem conhecido método de triangulação, a localização da estação Mestre no

espaço multidimensional que está sendo estudado. Pelo menos dois pontos de referência são usados para determinar a localização da estação Mestre. Os softwares TheoCAD e AutoCAD residentes no Processador usam pelo menos dois locais de ponto de referência para determinar a localização real da estação Mestre e exibe a dita localização em um monitor do Processador. Em locais de construção em que sinais de satélite são acessíveis, o método da presente invenção pode usar o bem conhecido GPS (Sistema de Posicionamento Global) para determinar a localização da estação Mestre e, assim, a localização do Processador.

Na etapa 18, os softwares TheoCAD e AutoCAD podem gerar representação gráfica tridimensional do canteiro de obras à medida que pontos de referência são localizados, identificados, medidos, armazenados e processados como exposto. Adicionalmente, outros pontos de referência do espaço que não são alvos, mas que são superfícies não refletivas, podem ser usados para ajudar a gerar os gráficos tridimensionais. Um desenho CAD do canteiro de obras armazenado, separadamente gerado por um engenheiro ou arquiteto (que não usa o sistema da presente invenção), pode ser transferido para o Processador e, então, alinhado, por meio de uma operação de mapeamento, com a representação gráfica tridimensional do canteiro de obras gerada pelo sistema da presente invenção. A operação de mapeamento está especificando um ponto conhecido em um espaço e calculando ou determinando um ponto correspondente em um outro espaço, em que há um relacionamento bem definido (por exemplo, matemático) entre os dois espaços. Com os dois espaços alinhados, um usuário pode ver prontamente as discrepâncias entre o espaço estudado e um espaço separadamente gerado por um arquiteto do canteiro de obras. À medida que cada ponto é gerado, as conexões entre pontos também são geradas, permitindo que o sistema da presente invenção gere uma representação gráfica tridimensional do canteiro de obras em tempo real. Adicionalmente, a localização do Processador, que pode ser segurado por um usuário e rastreado pela estação mestre, também pode ser exibida simultaneamente com o espaço que está sendo gerado e com o espaço sobreposto separadamente gerado usando AutoCAD, por exemplo, por um arquiteto. Desta maneira, o usuário do sistema da presente invenção pode operar o dito sistema usando o método da presente invenção para navegar em um espaço virtual e, também, para fazer marcações no espaço real que representa a localização de objetos e/ou de estruturas do espaço virtual. Isto é, o usuário do sistema pode ser guiado pelo dito sistema em tempo real para realizar um esquema do canteiro de obras.

II. Outras Modalidades do Sistema da Presente Invenção

A figura 3 mostra uma segunda modalidade do sistema da presente invenção, em que o módulo de estação Mestre 100 (por exemplo, estação total Leica 1200 series modelo 3) aponta seu feixe de laser 109 em um alvo 118, cuja localização é determinada por um

usuário 116 que insere coordenadas no Processador 114, e as coordenadas são comunicadas sem fios até a estação total. O usuário diz ao Processador 114 a posição que ele deseja que o laser ilumine, e o feixe de laser do módulo da estação Mestre é direcionado para aquela posição.

A figura 4 mostra uma terceira modalidade, em que o módulo de estação Mestre 100 localiza o prisma 108 fisicamente localizado no robô móvel 122 com uma subestação 120 nele montada. A estação do módulo de estação Mestre 100 compreende software que pode controlar o robô móvel até um local específico por meio de comunicações sem fios. O robô móvel é “cego”, mas é navegado pelo sistema de circuitos do módulo de estação Mestre 100 sob o controle do software residente no computador 106 do módulo de estação mestre 100. A subestação 120 montada sobre a unidade móvel 122 pode realizar operações similares àquela do módulo de estação Mestre 100, mas está sob o controle do módulo 100. O robô móvel também compreende um dispositivo de comunicações sem fios 110 e um laser 118. Então, o laser do robô móvel pode iluminar todos os locais de ponto solicitados pelo módulo de estação Mestre 100. Isto é útil já que o módulo de estação Mestre 100 é estacionário, e alguns locais não são disponíveis ao módulo de estação Mestre pela linha de visão.

A figura 5 mostra uma quarta modalidade, que é similar à terceira modalidade da figura 4, mas em que o robô móvel 122 projeta uma sobreposição gráfica em uma superfície movendo rapidamente seu feixe de laser 111 de acordo com um padrão desejado 124. Isto é usado onde for desejado indicar aos trabalhadores da construção onde colocar materiais estruturais. Por exemplo, se for desejado que um tubo de 30,48 centímetros (12 polegadas) seja instalado verticalmente, o laser do robô móvel se projetará em um círculo com 30,48 centímetros (12 polegadas) de diâmetro no piso ou na superfície horizontal.

A figura 6 também mostra a quarta modalidade supradescrita, em que o padrão exibido é uma projeção bidimensional de uma sobreposição tridimensional 126.

A figura 7 mostra uma quinta modalidade, em que o robô móvel 122 é direcionado a coordenadas de posição específicas, e é direcionado para marcar o piso com tinta ou pigmento usando um mecanismo de aspersão de tinta 128. Por exemplo, toda a vista plana de um desenho CAD pode ser pintada no piso desta maneira.

A figura 8 mostra uma sexta modalidade, em que o robô móvel 122 é direcionado a coordenadas de posição específicas, e é direcionado para realizar certas operações com ferramentas, tal como a abertura de um furo no piso usando cabeça de perfuração ou ferramenta de marcação 130.

A figura 9 mostra uma sétima modalidade, em que o robô móvel 122 é direcionado a coordenadas de posição específicas para realizar medições metrológicas. O robô móvel tem um braço mecânico 132 no qual um dispositivo de medição, apontamento ou marcação

computadorizado 133 é anexado. A figura mostra tal metrologia sendo realizada.

A figura 10 mostra a sétima modalidade como supradescrito, exceto em que a metrologia está sendo realizada em uma parede.

A figura 11 mostra uma oitava modalidade, em que a estação do módulo de estação Mestre 100 comunica com uma pluralidade de varas (cada qual, da forma mostrada na primeira modalidade da figura 2). Os Processadores (114A, 114B e 114C) operados pelos usuários 116A, 116B e 116C, respectivamente, comunicam uns com os outros em uma rede de área local (LAN). O usuário 116B não tem uma vara, mas pode se comunicar com os Processadores (114A e 114C) para localizar a posição dos prismas 108C e 108A. A LAN pode ter um protocolo cliente-servidor ou um protocolo ponto a ponto. Em todos os casos, as coordenadas de posição de qualquer unidade portátil são conhecidas por todas as outras unidades portáteis.

As figuras 12-14 mostram uma nona modalidade. Nesta modalidade, uma estação total não é empregada. Em vez disto, duas unidades de telêmetro a laser estacionárias 221A e 221B que podem se comunicar com um Processador 214 operado por um usuário 216 (veja figuras 12, 13 e 14) medem suas distâncias verticais a partir do solo usando o feixe de laser 223A e 223B e a distância que os separa. Detalhes de uma unidade de telêmetro são mostrados na figura 12A. Cada telêmetro tem um sensor de luz 21, um prisma rotatório 22, um laser 23 e equipamento de comunicação (não mostrado). As unidades de telêmetro codificam suas próprias localizações, e elas transmitem dados telemétricos a um sensor alvo. O sensor alvo pode ler as distâncias até cada uma das unidades de telêmetro (221A e 221B) para triangulação, bem como os ângulos (A e B) do triângulo formado. Isto é mostrado na figura 13. A figura 14 mostra um método alternativo para medir precisamente a altura de uma unidade de telêmetro usando uma própria vara com um laser 215 montado em uma unidade móvel 230 com sensores 217 ao longo da sua altura, e espelhos 211, 213 afixados em cada extremidade da unidade móvel 230. Uma vez que o sensor capta o feixe de laser 219 do telêmetro 221A, a verdadeira altura acima de uma referência pode ser medida usando a posição conhecida do arranjo sensor na vara. A unidade móvel também pode ter dispositivos de comunicação para transmitir informação ao Processador 214.

A figura 15 mostra uma unidade de mão de processador portátil que mede sua posição usando três giroscópios e um acelerômetro. A comunicação da unidade de mão com outros dispositivos é realizada usando sinais de frequência de rádio. O sistema de guia inercial é um computador de mão sem fios multiplataformas, PDA, computador portátil, tipo prancheta, etc. combinado com hardware e/ou dispositivos eletrônicos e/ou software de medição inercial que compreendem um ou mais giroscópios, um anel ressonante para compensar a derivação do giro e pelo menos um acelerômetro de capacitância variável altamente preciso. Para iniciar a unidade, o operador deve primeiro referenciar um ponto de

controle no espaço.

Embora a invenção tenha sido descrita com detalhes e em relação às suas modalidades específicas, ficará aparente aos versados na técnica que várias mudanças e modificações podem ser feitas sem fugir do seu espírito e do seu escopo. Assim, pretende-se que a presente invenção cubra as modificações e as variações desta invenção, contanto que elas caiam no escopo das reivindicações anexas e de seus equivalentes.

REIVINDICAÇÃO

1. Método, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

gerar automaticamente uma representação N dimensional de um espaço multidimensional com base em pontos de referência dentro do espaço permitindo que um usuário navegue dentro do espaço utilizando um sistema pelo menos parte do qual está localizada dentro do espaço onde N é um inteiro igual a 2 ou maior.

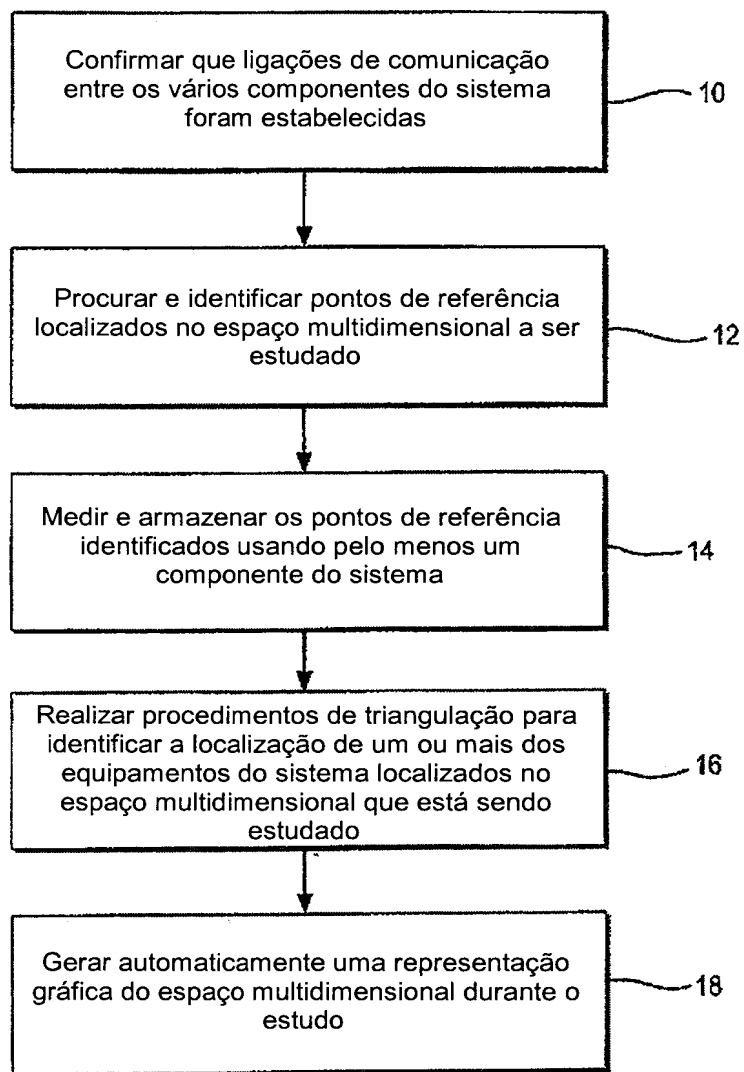


FIG. 1

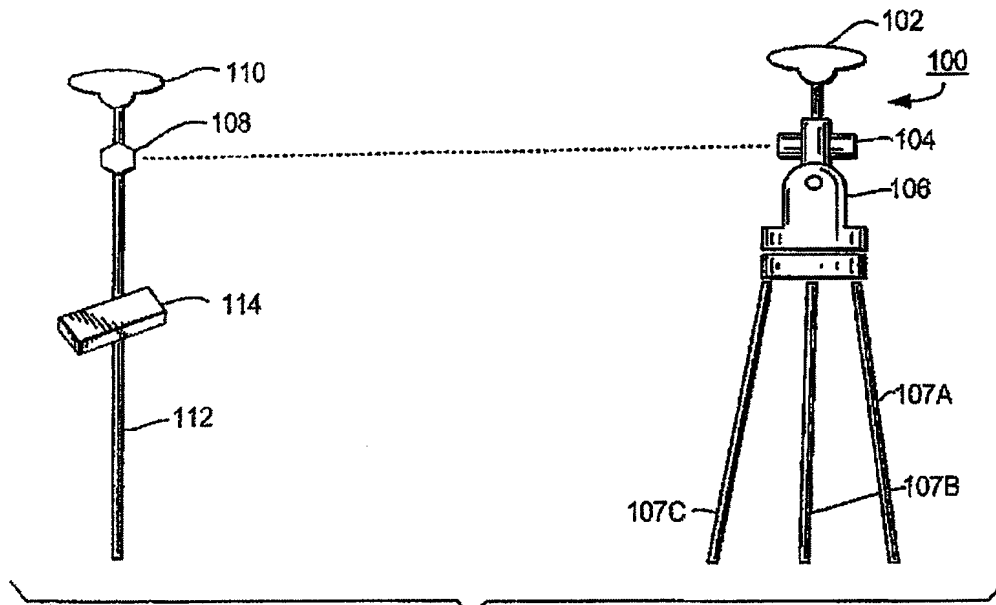


FIG. 2

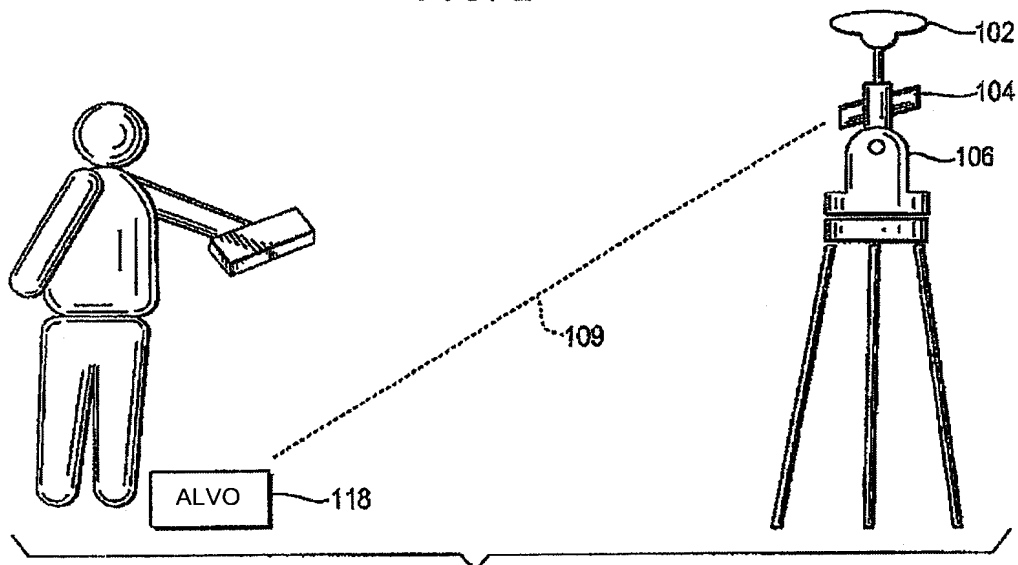
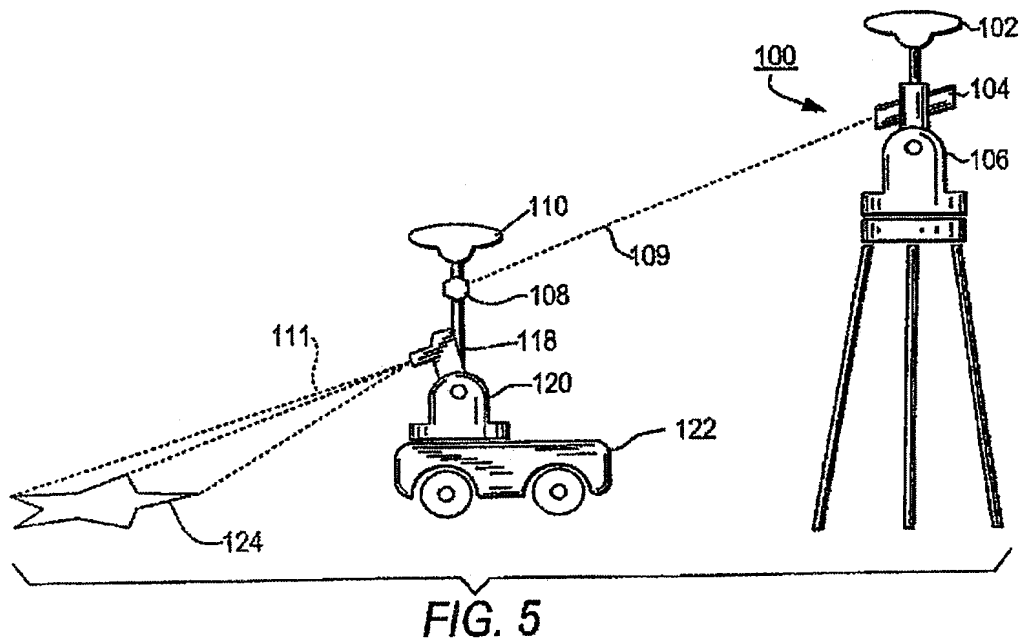
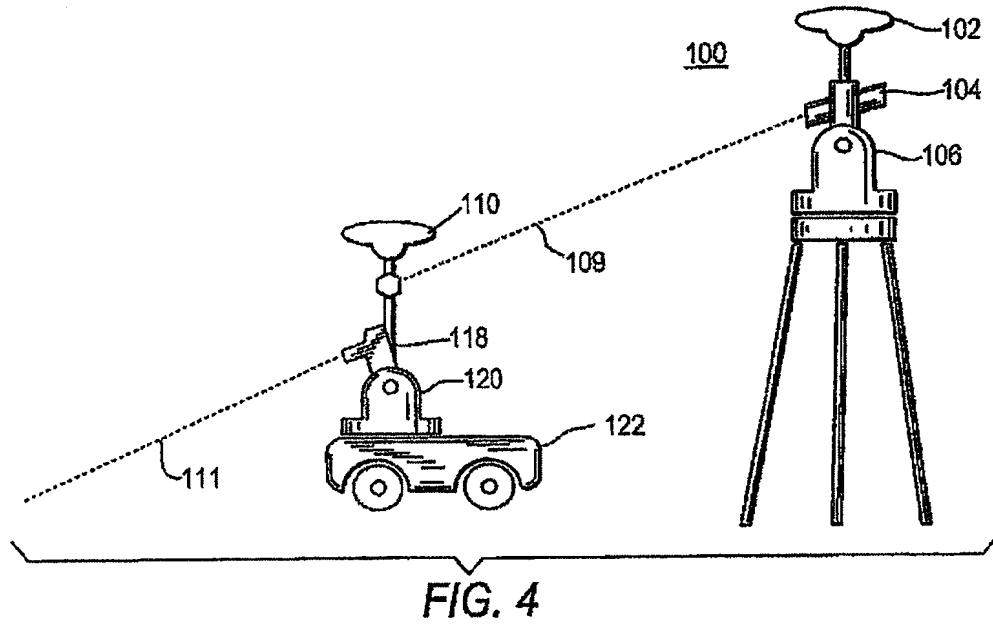
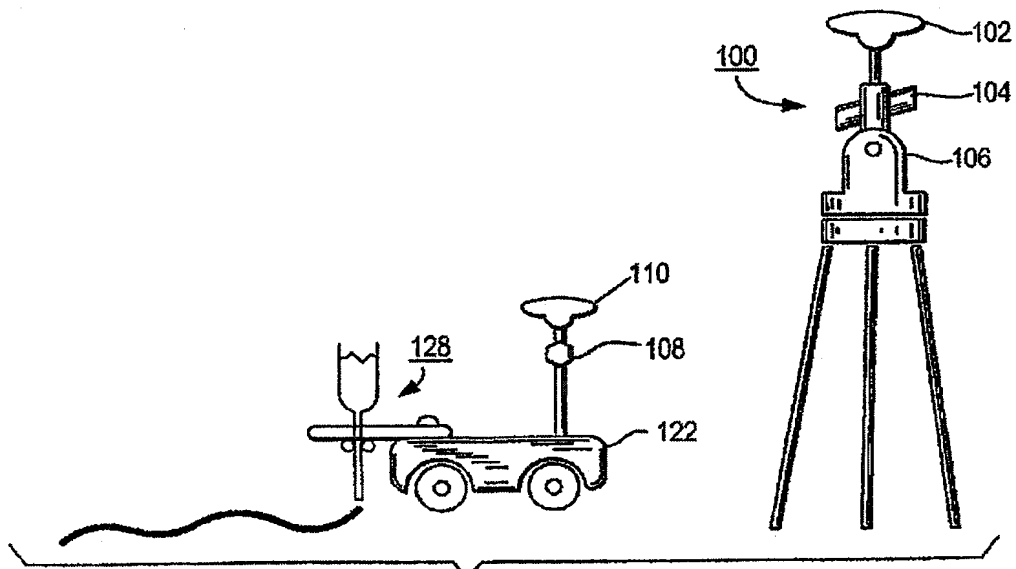
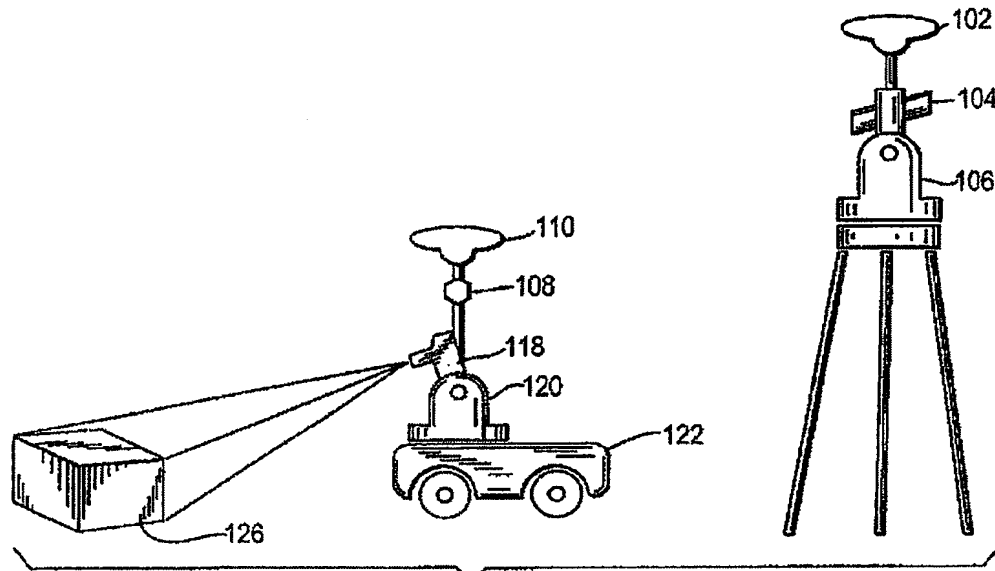
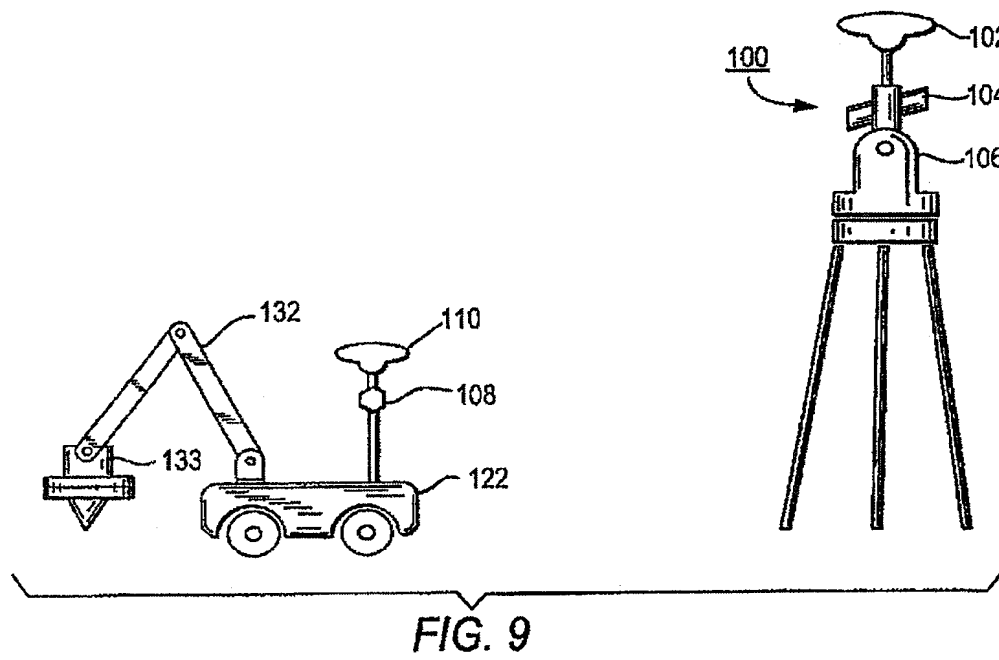
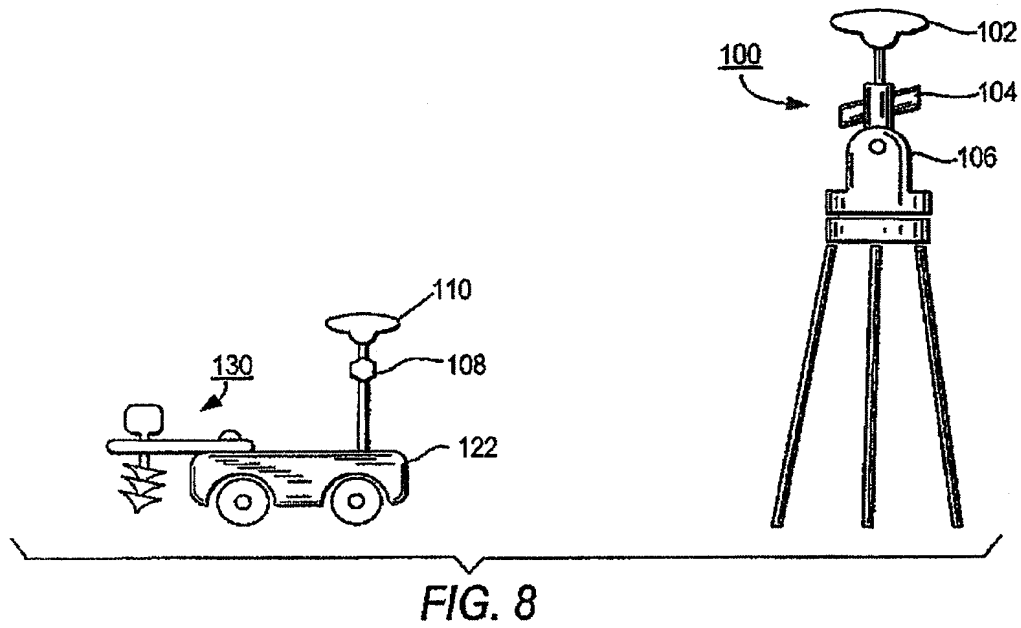
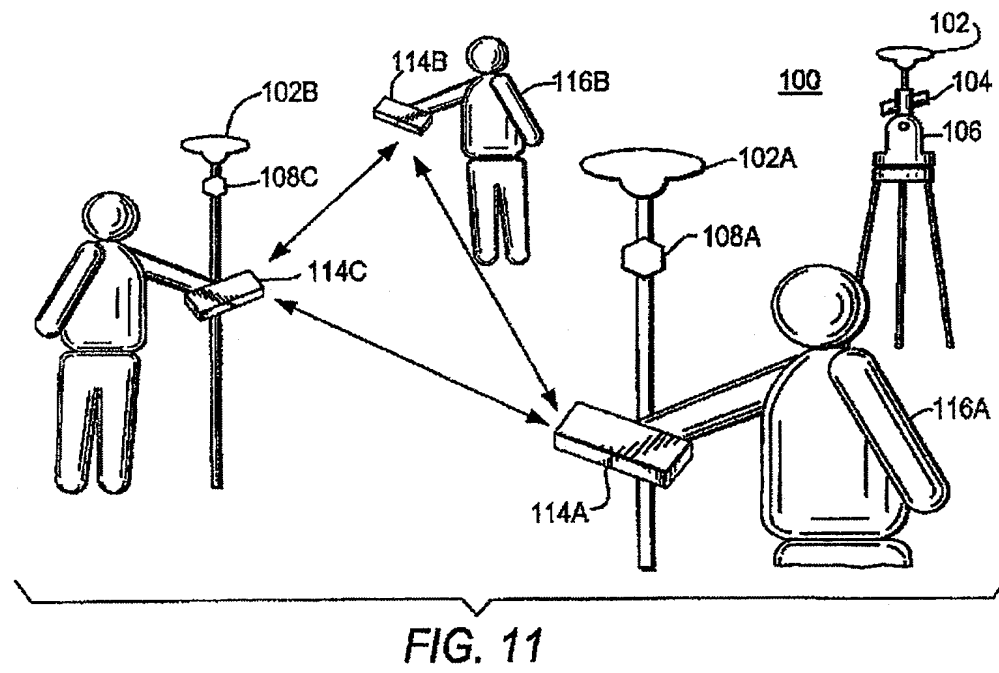
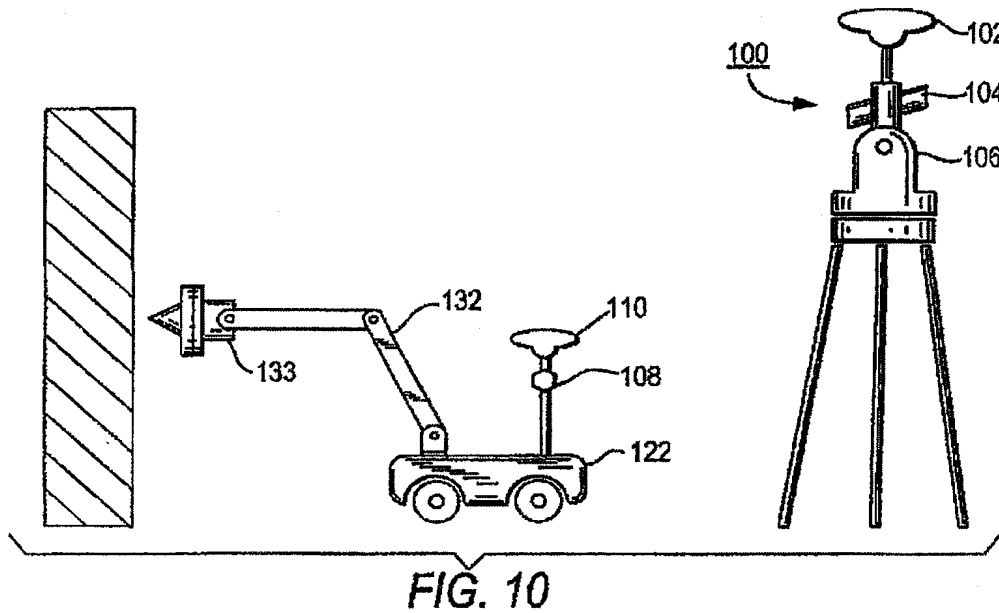


FIG. 3









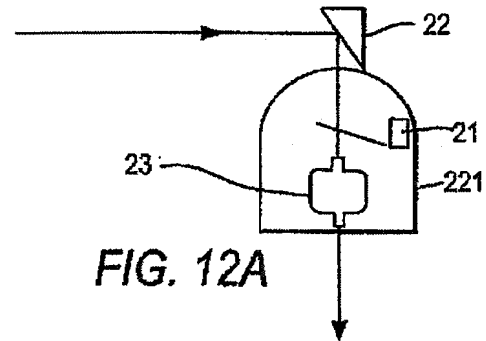


FIG. 12A



FIG. 12B

Método de medição de distância multiníveis a laser

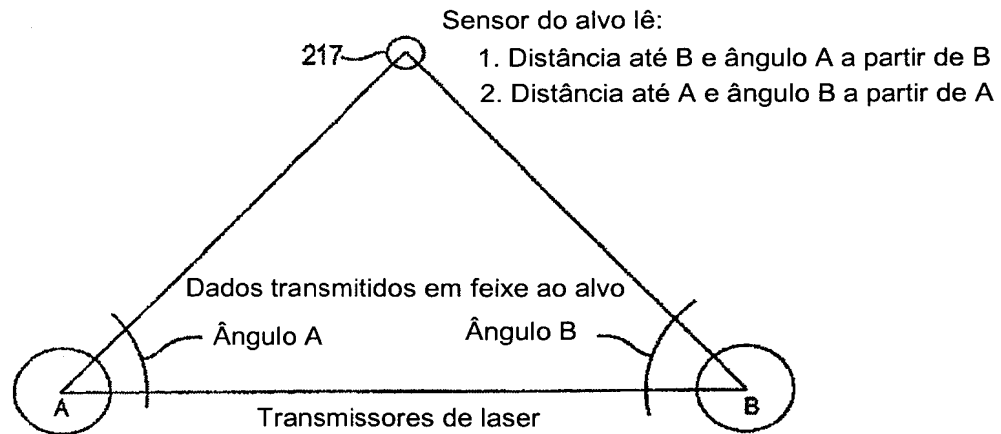


FIG. 13

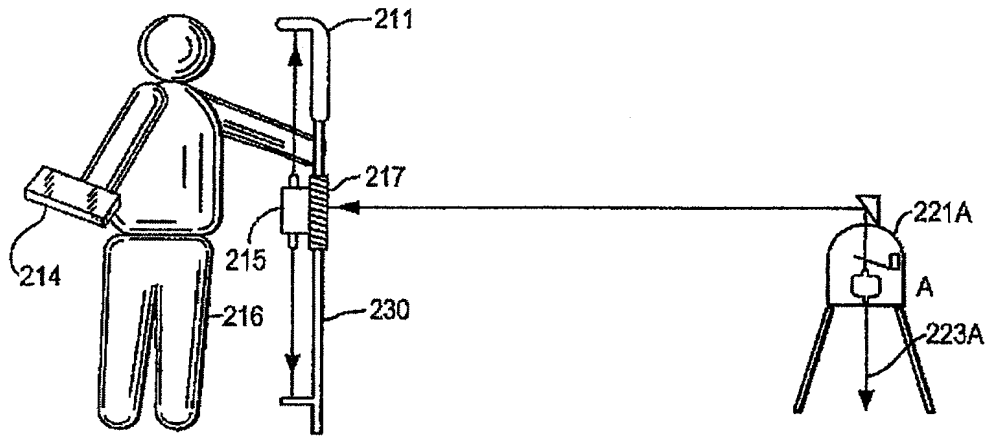


FIG. 14

DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE
DISTÂNCIA & ATITUDE GIROSCÓPICO

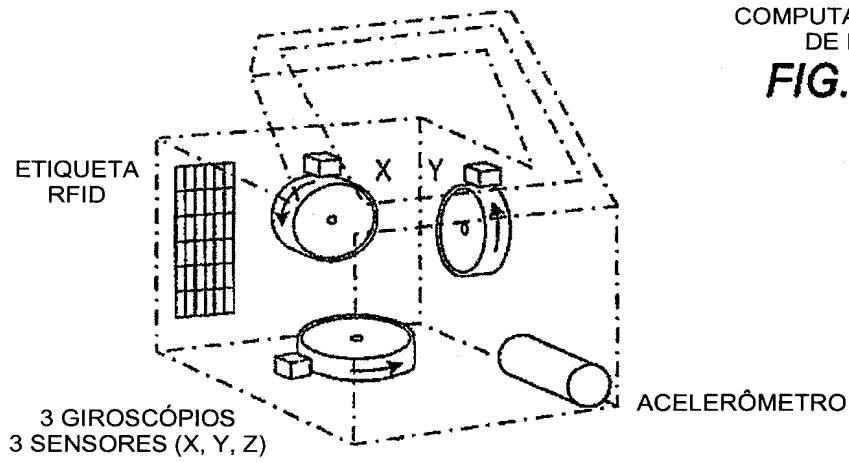
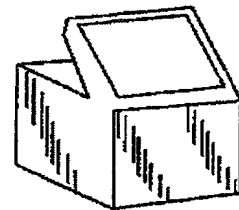


FIG. 15B



COMPUTADOR CAD
DE MÃO

FIG. 15A

RESUMO

“MÉTODO E SISTEMA PARA REALIZAR AUTOMATICAMENTE UM ESTUDO DE UM ESPAÇO MULTIDIMENSIONAL”

5 Um método e um sistema compreendendo uma estação Mestre, um processador e um ou mais alvos que permitem que um usuário do referido sistema gere automaticamente uma representação gráfica tridimensional de um local de construção e também superponha um desenho sobre a representação gráfica para guiar o usuário dentro de um espaço sendo exibido pelo processador.