



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

(11) BR 112016016301-0 B1



(22) Data do Depósito: 14/01/2015

(45) Data de Concessão: 22/03/2022

(54) Título: VEÍCULO DE MINA; UNIDADE DE CONTROLE PARA DETERMINAR POSIÇÃO E DIREÇÃO DE UM VEÍCULO DE MINA E MÉTODO PARA INICIAR TAREFA DE TRABALHO DE MINA EM UM SÍTIO DE TRABALHO DE MINA

(51) Int.Cl.: E21B 7/02; G01C 7/06; G01C 21/16; E21D 9/00; G05D 1/02.

(30) Prioridade Unionista: 14/01/2014 EP PCT/EP2014/050598.

(73) Titular(es): SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION OY.

(72) Inventor(es): JUSSI PUURA; TOMI VON ESSEN.

(86) Pedido PCT: PCT EP2015050565 de 14/01/2015

(87) Publicação PCT: WO 2015/107068 de 23/07/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 13/07/2016

(57) Resumo: VEÍCULO DE MINA E MÉTODO DE INICIAÇÃO DE TAREFA DE TRABALHO DE MINA A presente invenção se refere a um veículo de mina e a um método de iniciação de tarefa de trabalho de mina. Em concordância com a presente invenção, o veículo de mina compreende pelo menos um dispositivo de escaneamento para escaneamento de circunstâncias do veículo de mina e para produção de dado de nuvem de pontos operacional. O veículo de mina compreende uma unidade de controle que é proporcionada com um dado de nuvem de pontos de referência da mina. A unidade de controle é configurada para coincidir o dado de nuvem de pontos operacional com o dado de nuvem de pontos de referência de maneira tal a determinar a posição do veículo de mina. A unidade de controle adicionalmente compreende um plano de trabalho de mina, que é conectado para a posição detectada do veículo de mina.

**"VEÍCULO DE MINA; UNIDADE DE CONTROLE PARA DETERMINAR
POSIÇÃO E DIREÇÃO DE UM VEÍCULO DE MINA E MÉTODO PARA
INICIAR TAREFA DE TRABALHO DE MINA EM UM SÍTIO DE TRABALHO
DE MINA"**

CAMPO TÉCNICO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção se refere a um veículo de mina, que é proporcionado com um dispositivo de escaneamento para escaneamento de redondezas do veículo de mina e para produção de dados para determinação da posição e da orientação do veículo de mina.

[0002] A presente invenção adicionalmente se refere a um método de iniciação de tarefa de trabalho de mina de um veículo de mina em um sítio de trabalho de mina.

[0003] O campo técnico da presente invenção é definido mais especificamente nos preâmbulos das reivindicações.

[0004] Veículos de mina são utilizados em diferentes minas para desempenho de operações de trabalho de mina em desejados sítios de mina. O posicionamento do veículo de mina pode requerer utilização de sistemas de posição extensivos e complicados. Os sistemas e os métodos de posicionamento conhecidos podem também requerer operadores especializados e são difíceis para automatizar.

BREVE DESCRIÇÃO DA PRESENTE INVENÇÃO

[0005] Um objetivo da presente invenção é o de proporcionar um novo e aperfeiçoado veículo de mina proporcionado com um sistema de posicionamento. Um objetivo adicional da presente invenção é o de proporcionar um novo e aperfeiçoado método para iniciação de uma tarefa de trabalho de mina em um sítio de trabalho de mina.

[0006] Uma ideia da solução descrita é a de que um veículo de mina é proporcionado com um ou mais dispositivos de trabalho de mina para execução de tarefas de trabalho de mina em uma mina. De maneira a determinar a posição e a direção do veículo de mina, o mesmo compreende um ou mais dispositivos de escaneamento para escaneamento de redondezas do veículo de mina. O dispositivo de escaneamento produz dados de escaneamento em **3D** das redondezas. Os dados de escaneamento compreendem dados de nuvem de pontos, e coordenadas do ponto detectado dos dados de nuvem de pontos podem ser detectadas. O veículo de mina compreende pelo menos uma unidade de controle, que recebe dados e processa os dados em pelo menos um processador. A unidade de controle é proporcionada com um ou mais programas de congruência (correspondência) de nuvem de pontos, que podem ser executados no processador. Um inicial primeiro dado de nuvem de pontos é introduzido para a unidade de controle. O primeiro dado de nuvem de pontos compreende um modelo em **3D** de referência armazenado da mina compreendendo dado de nuvem de pontos em um sistema de coordenadas de mina. Adicionalmente, pelo menos um segundo dado de nuvem de pontos produzido pelo dispositivo de escaneamento do veículo de mina é também introduzido para a unidade de controle. O segundo dado de nuvem de pontos compreende dados de escaneamento operacional da posição corrente do veículo de mina. A unidade de controle é controlada para processar o dado de escaneamento recebido por extração de dado de nuvem de pontos das superfícies de redondeza e por remoção de dado de nuvem de pontos de todos os outros objetos, por intermédio do que um dado de nuvem de pontos simplificado das

superfícies de redondeza está sendo criado. Em uma modalidade da presente invenção, dado de nuvem de pontos de todos os outros objetos no interior das superfícies de redondeza é removido. Então, a unidade de controle executa o programa de congruência de nuvem de pontos De maneira a coincidir o segundo dado operacional de nuvem de pontos para o primeiro dado de referência de nuvem de pontos. A unidade de controle pode determinar a posição e a direção do veículo de mina no sistema de coordenadas de mina sobre o fundamento da congruência determinada entre o dado operacional de nuvem de pontos e o dado de referência de nuvem de pontos. A solução pode implementar um melhor método de ajuste de nuvem de pontos quando comparando as nuvens de pontos. Adicionalmente, de maneira a executar operação de trabalho de mina pré-projetado na mina, a unidade de controle é proporcionada com pelo menos um plano de trabalho de mina definindo a posição de um sítio de trabalho de mina no sistema de coordenadas de mina e tarefas de trabalho de mina para serem executadas no sítio de trabalho de mina. Antes de iniciação da tarefa de trabalho de mina no sítio de trabalho de mina, a unidade de controle é configurada para conectar a posição determinada do veículo de mina e a posição do plano de trabalho de mina.

[0007] Uma vantagem da solução apresentada veiculada sobre escaneamento e congruência de nuvem de pontos é a de que a determinação de posição pode ser realizada sem uma necessidade para vigilância e mensuração extensiva de infraestrutura e de equipamento. Uma vantagem adicional é a de que o procedimento não necessita de trabalhadores especializados e pode ser facilmente automatizado. Uma

vantagem adicional conceptível é a de que a solução apresentada pode obter uma forte certeza estatística para os resultados produzidos devido ao fato de que a repetição dos processos de escaneamento e de análise é fácil e rápida.

[0008] Graças ao dado de nuvem de pontos simplificado, armazenamento e manipulação de dado/s é/são facilitada/os. O tamanho de um pacote de dados do dado de nuvem de pontos simplificado pode ser menor e o dado não inclui informação desnecessária. Adicionalmente, o princípio do dado de nuvem de pontos simplificado pode ser utilizado quando de vigilância de áreas novas ou mudadas de túneis. Então, a unidade de controle pode comparar o novo dado de nuvem de pontos simplificado com o dado de nuvem de pontos do modelo em **3D** da mina. Fundamentado sobre a comparação das nuvens de pontos, a unidade de controle de mina pode atualizar o modelo em **3D** da mina por incorporação do dado de nuvem de pontos simplificado para o modelo em **3D** objetivado da mina. Graças ao dado de nuvem de pontos simplificado, nenhum dado irrelevante é incorporado ao modelo em **3D** da mina.

[0009] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, a posição do veículo de mina é determinada por utilização de escaneamento e de processamento de nuvem de pontos e técnicas de congruência. De maneira a facilitar processamento de nuvem de pontos, o sistema de controle pode utilizar somente uma determinada parte do dado de nuvem de pontos da mina no processo de comparação. Então, o sistema pode ser configurado para determinar uma área ou seção da mina onde o veículo de mina está correntemente operando, e fundamentado sobre o dado de posição, o sistema pode comparar

o dado de nuvem de pontos produzido com dado de nuvem de pontos parcial da mina. Por consequência, a comparação não é feita para a integridade do modelo em **3D** do plano de mina. Ao invés disso, o dado de nuvem de pontos de mina escaneado é comparado somente com uma seção da mina onde o veículo de mina está operando no tempo do monitoramento e a comparação é feita com uma parte limitada da integridade de modelo em **3D** da mina. Uma vantagem desta solução é a de que a quantidade do dado processado durante a comparação pode ser limitada por intermédio do que menos capacidade de cálculo é necessitada e tempo de processamento pode ser mais curto.

[0010] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o sistema de posicionamento e navegação apresentado pode ser implementado para qualquer espécie de veículos de mina operando em minas e desempenhando tarefa de trabalho de mina em concordância com planos de trabalho de mina. Os veículos de mina podem ser manualmente controlados ou estes veículos de mina podem ser dispositivos autonomamente operáveis. Os veículos de mina manualmente controlados podem ser remotamente controlados por operadores, ou alternativamente os veículos de mina são tripulados. Por consequência, a solução apresentada é adequada para quaisquer veículos de mina independentemente de seu sistema de controle e grau de automação. Adicionalmente, os veículos de mina podem ser diferentes em estrutura e bem como operacionalmente. Em consequência disso, o veículo de mina pode ser um equipamento de perfuração de rocha, um equipamento de aparafusamento, um veículo de transporte, um veículo de carregamento ou um veículo de mensuração, por exemplo. Os veículos de mina de

qualquer espécie podem ser proporcionados com módulos de escaneamento que têm capacidade de determinar a posição e a direção do veículo de mina e das desejadas superfícies de túneis e espaços de rocha. O módulo de escaneamento pode também servir como uma ferramenta de vigilância quando de monitoramento e de detecção de redondezas do veículo de mina. O módulo de monitoramento pode compreender uma ou mais unidades de controle para operação de controle de dispositivos e de sistemas de escaneamento do módulo e para processamento dos resultados de mensuração produzidos e coletados. Em adição, o módulo de monitoramento pode compreender uma ou mais unidades de comunicação de dados para produção de conexão de comunicação de dados entre o módulo embarcado e uma unidade de controle de mina de um sistema de controle de mina. A unidade de comunicação de dados pode também se comunicar com uma unidade de controle embarcada do veículo de mina e pode transmitir dados para um ou mais dispositivos ou servidores de terminal externo. O módulo de escaneamento pode compreender recurso de acoplamento rápido de maneira que o módulo de escaneamento é prontamente montável para qualquer veículo de mina.

[0011] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina é um equipamento de perfuração de rocha projetado para furos de explosão (orifícios de rebentamento) de perfuração e/ou furos de broca para parafusos de rocha e outros elementos de reforço. O equipamento de perfuração de rocha compreende pelo menos uma lança (longarina) de perfuração proporcionada com uma unidade de perfuração. O equipamento de perfuração de rocha é proporcionado com pelo menos uma unidade de controle

embarcada. A unidade de controle é proporcionada com pelo menos um padrão de perfuração servindo como o plano de trabalho de mina. O plano ou padrão de perfuração define as posições e as direções de diversos furos de broca no sistema de coordenadas de mina para uma rodada para serem perfurados na posição de perfuração predeterminada na mina. Adicionalmente, a unidade de controle é configurada para conectar a posição determinada do equipamento de perfuração de rocha e a posição do padrão de perfuração para iniciação da perfuração na posição de perfuração. Por consequência, a técnica de escaneamento é utilizada para conexão de posição e de direção da perfuração de rocha e do modelo ou plano de perfuração.

[0012] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina é disposto para operar em um espaço de rocha escavado compreendendo uma linha de túnel e uma face objetivada em uma direção de profundidade da linha de túnel. O espaço de rocha pode ser um túnel e a face pode ser localizada em uma extremidade do túnel. A face objetivada é formada quando a rodada prévia é explodida e o material de rocha destacado é movimentado para fora a partir da extremidade do túnel. A posição e a configuração da face podem se desviar a partir da posição e da configuração planejadas simplesmente devido ao fato de que a face é formada por explosão e é influenciada por diversas etapas de trabalho de mina. De maneira a aperfeiçoar a eficiência e a qualidade do processo de escavação, a posição da face é determinada. Consequentemente, o veículo de mina é proporcionado com recurso para detecção da face e para determinação da posição da face relativa para a linha de

túnel em direção de profundidade. A unidade de controle pode definir a posição do plano de trabalho de mina sobre o fundamento da posição de profundidade determinada da face objetivada.

[0013] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina é operável em um espaço de rocha escavado compreendendo uma linha de túnel e uma face objetivada em uma direção de profundidade da linha de túnel. O espaço de rocha pode ser um túnel ou correspondente espaço. A escavação do túnel é avançada na direção de profundidade. A face pode ser localizada na extremidade do túnel existente. O veículo de mina compreende recurso de mensuração para determinação da profundidade a maior da face de túnel na direção de profundidade da linha de túnel. A unidade de controle é configurada para determinar a profundidade a maior detectada e para definir a posição da face sobre o fundamento da profundidade a maior. A profundidade a maior da face de túnel pode ser determinada por intermédio do dispositivo de escaneamento, ou alternativamente, por intermédio de uma lança proporcionada com sensores e dispositivos de mensuração convencionais.

[0014] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina é um equipamento de perfuração de rocha e a unidade de controle é proporcionada com diversos padrões de perfuração pré-projetados. Cada um dos padrões ou planos de perfuração pode ser intencionado para profundidades dedicadas sobre uma linha de túnel do espaço de rocha escavado. Algumas vezes, o mesmo padrão de perfuração pode ser implementado para duas ou mais rodadas possuindo os mesmos aspectos de caracterização. O

equipamento de perfuração de rocha compreende recurso de escaneamento ou outro recurso de mensuração para determinação da profundidade a maior da face de túnel, e fundamentado sobre este dado, a unidade de controle pode determinar a posição objetivada da face relativa para uma posição planejada da face. A unidade de controle pode, então, calcular a posição desejada para o padrão de perfuração para ser executado. Em outras palavras, a unidade de controle é configurada para ajustar a posição do padrão de perfuração sobre o fundamento da profundidade a maior determinada. Nesta modalidade da presente invenção, a profundidade a maior da face de túnel escavada é direcionada em relação para a profundidade de linha de túnel planejada, e esta posição de profundidade detectada da face é utilizada quando de conexão da posição do equipamento de perfuração de rocha e da mina juntamente.

[0015] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina está em concordância com o equipamento de perfuração de rocha apresentado nos parágrafos anteriormente. A unidade de controle é proporcionada com diversos modelos de perfuração pré-projetados. Adicionalmente, a unidade de controle é configurada para determinar a posição objetivada de uma face do túnel ou espaço de rocha escavado e pode modificar os modelos de perfuração fundamentada sobre o dado de posição da face. A unidade de controle pode alongar ou encurtar o padrão de perfuração, por exemplo. Esta modalidade da presente invenção pode ser especialmente utilizada quando o mesmo padrão de perfuração é utilizado em duas ou mais rodadas consecutivas.

[0016] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, a unidade de controle do equipamento de perfuração de rocha é proporcionada com diversos padrões de perfuração pré-projetados, que são intencionados para profundidades dedicadas sobre uma linha de túnel. A unidade de controle determina a posição da face objetivada do túnel sobre o fundamento de resultados de escaneamento e/ou de mensuração. A posição da face pode ser determinada por detecção da profundidade a maior do túnel na direção da linha de túnel. A unidade de controle é configurada para selecionar o padrão de perfuração para ser executado sobre o fundamento da posição da face.

[0017] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina é um equipamento de perfuração de rocha e é disposto para perfurar diversos furos de broca para cada rodada de um túnel ou correspondente espaço de rocha. A escavação do túnel avança por perfuração e explosão de rodadas consecutivas. A explosão da rodada produz uma nova face de túnel e também superfícies de contorno limitando o espaço. O equipamento de perfuração de rocha compreende recurso de escaneamento ou outro recurso de mensuração para determinação da escavação objetivada da rodada prévia. A unidade de controle pode modificar um padrão de perfuração da rodada seguinte sobre o fundamento da escavação objetivada determinada da rodada prévia. Em consequência disso, é possível evitar problemas de qualidade, tais como escavação em excesso ou escavação de menos, nas rodadas seguintes.

[0018] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina é proporcionado com um

dispositivo de escaneamento configurado para determinar juntamente com a unidade de controle a localização objetivada da face. A localização da face pode ser determinada em relação para a mina, em relação ao plano de trabalho de mina, tal como um padrão de perfuração, ou em relação ao transportador (portador) do veículo de mina. Transformações de coordenadas podem ser executadas na unidade de controle para produção de dados desejados.

[0019] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o dispositivo de escaneamento do veículo de mina é disposto para escanear em direção da face objetivada, por intermédio do que dado de nuvem de pontos proporcionado com coordenadas é produzido de superfícies objetivadas previamente escavadas de pelo menos uma rodada. A unidade de controle é configurada para determinar propriedades das superfícies objetivadas sobre o fundamento do dado produzido de nuvem de pontos. A unidade de controle pode comparar as propriedades objetivadas determinadas das superfícies objetivadas para predeterminadas propriedades de projeto da pelo menos uma rodada. A unidade de controle pode determinar a posição da face, o perfil de túnel da face e/ou a topografia da face no sistema de coordenadas de mina sobre o fundamento do dado de nuvem de pontos produzido. Alternativamente, ou em adição a isso, a unidade de controle pode determinar a direção da face em relação para a linha de túnel sobre o fundamento do dado de nuvem de pontos produzido. Adicionalmente, a unidade de controle pode ser configurada para comparar as propriedades objetivadas determinadas da face com as propriedades de projeto predeterminadas da face, e pode também ser configurada para

modificar o padrão de perfuração em resposta para desvios detectados na comparação. A unidade de controle pode modificar o ângulo de consulta, espaçamento ou comprimento de furo da rodada determinada no padrão de perfuração, por exemplo. Quaisquer outras ações corretivas podem ser executadas sobre o fundamento da qualidade e dados de estado (*status*) detectada/os.

[0020] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina compreende pelo menos uma lança proporcionada com um dispositivo de trabalho de mina, que é localizada em uma parte distal da lança. A lança é instrumentada e a localização da face relativamente ao transportador é determinada por disposição do dispositivo de trabalho de mina em contato com a face e por determinação da localização da face por intermédio da lança instrumentada compreendendo sensores ou dispositivos de mensuração. As coordenadas de posição detectadas do dispositivo de trabalho de mina no sistema de coordenadas de máquina podem ser convertidas para coordenadas de mina do sistema de coordenadas de mina por intermédio de um programa de transformação de coordenadas executado na unidade de controle.

[0021] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, a posição e a direção do dispositivo de trabalho de mina são determinadas por escaneamento das redondezas do veículo de mina, por intermédio do que dado de nuvem de pontos do dispositivo de trabalho de mina é criado. A unidade de controle é proporcionada com um dado de nuvem de pontos de referência do dispositivo de trabalho de mina. O dado de referência pode ser dado projetado do dispositivo

de trabalho de mina, ou pode ser produzido por escaneamento inicial do dispositivo de trabalho de mina. Um programa de processamento de nuvem de pontos é executado na unidade de controle para comparação do dado de nuvem de pontos escaneado e do dado de nuvem de pontos de referência. De maneira a buscar e a detectar o dispositivo de trabalho de mina no dado de nuvem de pontos escaneado. Depois que o dispositivo de trabalho de mina tiver sido descoberto a partir do dado de nuvem de pontos, a posição e a direção do dispositivo de trabalho de mina podem ser determinadas sobre o fundamento das coordenadas de pontos de congruência da nuvem de pontos.

[0022] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, a unidade de controle é configurada para determinar e para registrar as posições e as direções dos furos de broca influenciada pelo dispositivo de trabalho de mina do veículo de mina no sistema de coordenadas de mina. O veículo de mina pode ser um equipamento de perfuração de rocha ou um equipamento de reforço de rocha, os quais ambos compreendem recursos para influência de furos de broca. A unidade de controle pode determinar a posição e a direção de um feixe de alimentação de uma unidade de perfuração, e pode registrar o dado determinado como o dado de posição e de direção do furo de broca quando a unidade de perfuração está no furo de broca. Uma vantagem desta solução é a de que as posições e as direções dos furos de broca e dos parafusos de rocha podem ser registradas e armazenadas sem quaisquer adicionais dispositivos e mensurações.

[0023] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o dispositivo de trabalho de mina é configurado para servir também como uma ferramenta de

vigilância, por intermédio do que o dispositivo de trabalho de mina pode ser posicionado contra um objeto e o dado de posição do dispositivo de trabalho de mina é determinado por intermédio do escaneamento e congruência de nuvem de pontos ou por intermédio de uma lança instrumentada proporcionada com sensores.

[0024] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina é proporcionado com recurso de escaneamento para produção de dado de nuvem de pontos sobre as superfícies de redondeza. A unidade de controle é proporcionada com um plano de mina compreendendo modelo em **3D** da mina. O modelo em **3D** da mina compreende dado de nuvem de pontos no sistema de coordenadas de mina. A unidade de controle é configurada para comparar o dado de nuvem de pontos produzido por intermédio do dispositivo de escaneamento com o modelo em **3D** da mina. A unidade de controle pode compreender adequados programas, algoritmos, processadores e recurso de processamento de dados para detecção no dado de escaneamento de objetos novos ou mudados de nuvem de pontos de redondeza na posição escaneada. Em consequência disso, paredes recentemente criadas ou mudadas ou outras superfícies da mina são detectadas e registradas. A unidade de controle de mina pode incorporar o novo dado de nuvem de pontos ao dado de nuvem de pontos do modelo em **3D** objetivado da mina. Em consequência disso, a unidade de controle de mina pode atualizar o modelo em **3D** da mina sobre o fundamento do dado de escaneamento recebido. Graças para esta modalidade da presente invenção, mudanças na mina são observadas e podem ser levadas em consideração. Quando o modelo em **3D** objetivado da mina é atualizado, informação

confiável acerca da mina pode ser utilizada para diversos propósitos.

[0025] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina proporcionado com o dispositivo de escaneamento está servindo como um dispositivo de vigilância móvel. O veículo de mina pode executar a vigilância continuamente quando executando operações normais dedicadas do veículo de mina. Se o veículo de mina é um equipamento de perfuração de rocha ou um equipamento de reforço de rocha, este veículo de mina pode escanear as redondezas quando o mesmo para em um sítio de trabalho para execução de perfuração ou de alimentação de elementos ou de material de reforço. Pode também ser definido que o escaneamento é executado pelo menos uma vez a cada período de tempo quando o veículo de mina não está se movimentando. Graças para este procedimento, a mina pode ser vigiada repetidamente e em paralelo com os processos operacionais normais sem qualquer necessidade para recursos extras. O modelo em **3D** da mina pode, por consequência, ser preciso e atualizado.

[0026] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, a unidade de controle é proporcionada com pelo menos uma regra de incorporação definindo relação (proporção) de congruência requerida entre o segundo dado de escaneamento e o dado de nuvem de pontos de referência. A unidade de controle é configurada para incorporar o novo dado de nuvem de pontos ao dado de nuvem de pontos de referência do modelo de referência da mina somente quando o conjunto de regras de incorporação for preenchido.

[0027] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina é proporcionado com um módulo de escaneamento compreendendo uma estrutura, um ou mais dispositivos de escaneamento e um ou mais dispositivos ou unidades de transmissão de dados. O módulo de escaneamento pode se comunicar com uma ou mais unidades de controle por intermédio do dispositivo de transmissão de dados. O módulo de escaneamento pode também compreender uma ou mais unidades de controle proporcionadas com processadores e programas de computador necessitados e algoritmos para processamento do dado de monitoramento produzido. O módulo de monitoramento pode ser projetado de maneira que o mesmo é montável para qualquer veículo de mina. Uma unidade de fixação (de prender) do módulo de escaneamento pode compreender recurso de acoplamento rápido.

[0028] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o dispositivo de escaneamento é um *scanner a laser (laser scanner)*.

[0029] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o dispositivo de escaneamento compreende pelo menos uma câmera. O dispositivo de escaneamento pode ser fundamentado sobre sistema de visão estéreo (*stereo vision system*) compreendendo pelo menos duas câmeras. Alternativamente, o escaneamento pode ser fundamentado sobre uma tecnologia conhecida como uma profundidade a partir de sistema de focagem, em que uma câmera é utilizada e o método basicamente funciona por tomada de uma pilha de focagens de um objeto, e então, análise da luminância de cada *pixel* em relação para seus vizinhos. A unidade de controle pode ser proporcionada com sistema de processamento de imagem para

processamento de dado recebido a partir da uma ou mais câmeras.

[0030] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o dispositivo de escaneamento compreende em adição para a unidade de escaneamento pelo menos uma câmera para registro de informação de cor dos obstáculos escaneados. A informação de cor do registrador pode ser conectada ao dado de nuvem de pontos escaneado. Desta maneira, informação adicional pode ser coletada.

[0031] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o dado de escaneamento em **3D** é obtido por tempo de ida e de volta de voo (luz) de um *laser* que é varrido através da superfície ou objeto mensurada/os. Este tipo de técnica de sensoriamento remoto é também conhecido como ***LiDAR*** (*Light Detection And Ranging*) (Detecção e Variação de Luz).

[0032] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o dado de escaneamento em **3D** é obtido por tempo de ida e de volta de voo de única (modulada) fonte de luz e os tempos de retorno de reflexões a partir de diferentes partes da superfície ou objeto mensurada/os. Este tipo de técnica de sensoriamento remoto é também conhecido como ***ToF*** (*Time of Flight*) (Tempo de Voo). Nesta modalidade da presente invenção, ***ToF*** = câmeras que podem ser utilizadas.

[0033] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o dado de escaneamento em **3D** é obtido por geometria de um padrão de luz protegido conhecido para a superfície ou objeto mensurada/os mostrada/os em uma ou mais imagens de câmera. Este tipo de escaneamento em **3D** é também

conhecido como uma técnica de escaneamento em **3D** de luz estruturada.

[0034] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o dado de escaneamento em **3D** é obtido por análise de múltiplas fotografias (imagens) tomadas do mesmo alvo a partir de diferentes pontos de vista. Nesta modalidade da presente invenção, pode ser explorado (pode se tirar partido de) um sistema de câmera estéreo. A unidade de controle pode ser proporcionada com um sistema de processamento de imagem para processamento de dados de imagem recebidos a partir de duas ou mais câmeras.

[0035] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o veículo de mina compreende pelo menos um dispositivo de comunicação de dados possibilitando comunicação de dados entre a unidade de controle embarcada e uma ou mais unidades de controle externas. A comunicação de dados pode ser fundamentada sobre qualquer técnica de transferência de dados sem fio. A mina pode ser proporcionada com uma rede sem fio utilizando sinais de onda de rádio. A transmissão de dados pode ser fundamentada sobre uma rede de área local sem fio [*wireless local area network* (**WLAN**)], por exemplo.

[0036] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, o sistema de controle pode compreender um ou mais computadores ou unidades de controle externa/os para a mina e ao veículo de mina. Alternativamente, o sistema de controle pode compreender um ou mais servidores possibilitando acesso para dispositivos de terminal elétrico para recuperação dos dados transmitidos a partir da unidade de controle onde os dados de escaneamento estão em análise.

A unidade de controle pode também ser considerada para significar outra comunicação de dados e recursos de distribuição possibilitando acesso aos dados processados.

[0037] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, a unidade de controle proporcionada com pelo menos um processador e o pelo menos um programa de congruência de nuvem de pontos é localizado no veículo de mina. Por consequência, o veículo de mina é proporcionado com todas as fontes necessitadas para coleta de dados a partir dos redondezas e para processar os mesmos embarcados. Esta modalidade da presente invenção, é operável também em situações em que a conexão de dados ao sistema de mina é perdida ou não está operando apropriadamente. A versão a última do modelo de referência da mina pode ser baixada (*downloaded*) para a unidade de controle embarcada em situações adequadas e pode ser armazenada em um meio (em uma mídia) de armazenamento embarcado. O modelo de mina baixado pode consistir do modelo de mina original, ou o mesmo pode ser filtrado para somente incluir padrões e características descritivo/as. É também possível baixar (*download*) somente conjunto de dados de nuvem de pontos limitados de uma seção da mina onde o veículo de mina está presentemente operando.

[0038] Em concordância com uma modalidade da presente invenção, uma unidade de controle para determinação de posição e de direção de um veículo de mina compreende recurso de conexão para estar em comunicação operacional com o veículo de mina compreendendo pelo menos um dispositivo de escaneamento, um recurso de recepção para recepção, a partir dos dados de escaneamento operacional de veículo de mina, da posição corrente do veículo de mina, os dados de escaneamento

compreendendo segundo dado de nuvem de pontos operacional produzido pelo menos por um dispositivo de escaneamento, e um recurso de processamento para processamento dos dados de escaneamento operacional recebidos; e a unidade de controle é proporcionada com pelo menos um programa de congruência de nuvem de pontos possibilitado para ser executado no processador e um inicial primeiro dado de nuvem de pontos compreendendo modelo em **3D** de referência armazenado compreendendo dado de nuvem de pontos da mina em um sistema de coordenadas de mina, a unidade de controle sendo configurada para processar o segundo dado de nuvem de pontos por extração de dado de nuvem de pontos das superfícies de redondeza e por remoção de dado de nuvem de pontos de todos os outros objetos, por intermédio do que um dado de nuvem de pontos simplificado das superfícies de redondeza está sendo criado, a unidade de controle sendo configurada para executar o programa de congruência de nuvem de pontos De maneira a coincidir o segundo dado operacional de nuvem de pontos recebido com o primeiro dado de nuvem de pontos de referência e para determinar a posição e a direção do veículo de mina no sistema de coordenadas de mina sobre o fundamento da congruência determinada entre o simplificado segundo dado operacional de nuvem de pontos e o dado de nuvem de pontos de referência, a unidade de controle sendo proporcionada com pelo menos um plano de trabalho de mina definindo a posição de um sítio de trabalho de mina no sistema de coordenadas de mina e de tarefas de trabalho de mina para serem executadas no sítio de trabalho de mina, e a unidade de controle sendo configurada para conectar a posição determinada do veículo de mina e a posição do plano de trabalho de mina para

iniciação da tarefa de trabalho de mina no sítio de trabalho de mina.

[0039] As modalidades detalhadas da presente invenção, que são apresentadas em conexão com o veículo de mina, também se referem ao método, e *vice versa*.

[0040] O mesmo equipamento compreendendo o dispositivo de escaneamento, o programa de congruência de nuvem de pontos e a unidade de controle, pode ser utilizado em navegação, em detecção de posição do dispositivo de trabalho de mina e de furos de broca, em vigilância de mina, em prevenção de colisão e também para provisão de informação para controle de mina e de sistemas de gerenciamento de frota.

[0041] As modalidades da presente invenção anteriormente apresentadas podem ser combinadas para formar soluções adequadas proporcionadas com as necessárias características apresentadas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS DA PRESENTE INVENÇÃO

[0042] A seguir, a presente invenção irá agora ser descrita, e em maiores detalhes, por intermédio de modalidades preferidas e com referência aos Desenhos das Figuras anexos. Nos Desenhos das Figuras anexas:

[0043] A **Figura 1** é uma vista lateral de um equipamento de perfuração de rocha proporcionado com recurso de escaneamento e de monitoramento;

[0044] A **Figura 2** mostra esquematicamente um princípio de escaneamento de superfícies e de obstáculos físicos circundando um veículo de mina;

[0045] A **Figura 3** é uma vista lateral esquemática de um módulo de escaneamento disposto sobre um transportador de um veículo de mina;

[0046] A **Figura 4** é uma vista esquemática de um princípio básico de congruência (emparelhamento) de nuvem de pontos utilizado quando de processamento de resultados de escaneamento;

[0047] A **Figura 5** é uma vista esquemática e fortemente simplificada de um processo de detecção de superfícies novas ou mudadas de uma mina, e de incorporação do dado de nuvem de pontos de desvio detectado depois de dado escaneado de congruência com um dado de referência;

[0048] A **Figura 6** é uma vista esquemática e fortemente simplificada de um dado de nuvem de pontos de referência atualizado, que incorpora novos pontos escaneados detectados;

[0049] A **Figura 7** é um diagrama esquemático mostrando relacionados elementos, recursos e características de processamento de uma unidade de controle tendo capacidade de processar dado de nuvem de pontos;

[0050] A **Figura 8** é uma vista de topo esquemática de um método de perfuração de face em que um equipamento de perfuração de rocha é posicionado em um sítio de perfuração para perfuração de furos de broca em concordância com um padrão de perfuração para uma face de extremidade de um túnel;

[0051] A **Figura 9** é uma vista de topo esquemática de um método de perfuração de ventilador em que um equipamento de perfuração de rocha é posicionado em um sítio de perfuração para perfuração de furos de broca em

concordância com um padrão de perfuração para uma superfície de contorno interior de um túnel piloto;

[0052] A **Figura 10** é uma vista lateral esquemática do método de perfuração de ventilador;

[0053] A **Figura 11** é uma vista esquemática de um padrão de perfuração;

[0054] A **Figura 12** é uma vista de topo esquemática mostrando posicionamento de um equipamento de perfuração de rocha e de um padrão de perfuração para ser perfurado; e:

[0055] A **Figura 13** é uma vista esquemática de uma mina compreendendo diversos túneis e diferentes tipos de veículos de mina operando nos túneis e estando em comunicação com um sistema de controle de mina.

[0056] Por razões de clareza, os Desenhos das Figuras anexadas mostram algumas modalidades da solução apresentada de uma maneira simplificada. Nos Desenhos das Figuras anexadas numerais de referência similares identificam elementos similares. Assim, os Desenhos das Figuras anexas são unicamente representações esquemáticas / diagramáticas e a presente invenção não está limitada para as várias modalidades exemplificativas neles representadas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE ALGUMAS MODALIDADES DA PRESENTE INVENÇÃO

[0057] A Figura 1 mostra um equipamento de perfuração de rocha (1) como um exemplo de um veículo de mina. Também equipamentos de aparafusamento de rocha, veículos de mensuração, veículos de transporte e veículos de carga são veículos de mina. Por consequência, os veículos de mina podem ser proporcionados com dispositivos de trabalho de mina, tais como unidades de perfuração de rocha, unidades

de aparafusamento, unidades de carregamento (de energia), unidades de carga e unidades de transporte de carga, como é mostrado na Figura 12. A solução apresentada pode ser aplicada para todos os tipos de veículos de mina.

[0058] O equipamento de perfuração de rocha (1) pode compreender um transportador (portador, carregador) móvel (2) e uma ou mais lanças (longarinas) (3) conectadas ao transportador (2). Em uma parte de extremidade distal da lança (3) pode estar uma unidade de perfuração (4). A unidade de perfuração (4) pode compreender um feixe de alimentação (5) e uma máquina de perfuração de rocha (6) suportada/os sobre a/os mesma/os. A máquina de perfuração de rocha (6) pode compreender uma haste em uma extremidade dianteira da máquina de perfuração de rocha (6) para conexão de uma ferramenta (7). Pelo menos uma lança (3) pode compreender um dispositivo de trabalho de mina outro do que a unidade de perfuração (4). Por consequência, o dispositivo de trabalho de mina pode ser uma unidade de aparafusamento de rocha ou uma unidade de carregamento, por exemplo.

[0059] Na Figura 1, o equipamento de perfuração de rocha (1) está operando em um espaço de mina subterrânea (8), que pode ser um túnel, um saguão ou um corredor de armazenamento, por exemplo. O espaço de mina (8) pode compreender uma superfície de face de extremidade (9), superfícies de parede (10) e uma superfície de teto (11). O equipamento de perfuração de rocha (1) é proporcionado com um ou mais dispositivos de escaneamento (S) para mensuração de redondezas do equipamento de perfuração de rocha (1). O dispositivo de escaneamento (S) pode escanear por 360° e pode, por consequência, mensurar as superfícies de redondeza

e outros obstáculos em torno do equipamento de perfuração de rocha (1) e produzir dados de escaneamento para o sistema. O dispositivo de escaneamento (S) pode compreender um *scanner* a *laser*, uma câmera ou qualquer outro dispositivo que tenha capacidade de produção de dados de nuvem de pontos. O dispositivo de escaneamento (S) pode ser colocado sobre o transportador (2).

[0060] O dispositivo de escaneamento (S) pode ser colocado em uma posição conhecida sobre o veículo de mina. Então, coordenadas do dispositivo de escaneamento são conhecidas no sistema de coordenadas de máquina (12) do veículo de mina. O dispositivo de escaneamento vê (enxerga) em torno e pode, então, detectar também um ou mais objetos, partes ou componentes do veículo de mina como tais.

[0061] Alternativamente, a posição do dispositivo de escaneamento (S) não necessita ser precisamente predeterminada e calibrada quando o sistema apresentado utiliza técnicas de congruência de nuvem de pontos. Então, pelo menos um componente ou objeto de referência do equipamento de perfuração de rocha é detectado nos dados de escaneamento e dados de nuvem de pontos produzidos do objeto detectado são utilizados na determinação de posição relativa do dispositivo de escaneamento (S) sobre o transportador (2).

[0062] O equipamento de perfuração de rocha (1) possui um sistema de coordenadas de máquina (12) e a mina possui um sistema de coordenadas de mina (13). Embarcado, o equipamento de perfuração de rocha (1) pode ser uma ou mais unidades de controle (14a) para recepção de dados de escaneamento, desempenhando mensurações de congruência de

nuvem de pontos e de busca, produzindo dados de posição e executando transformações de coordenadas necessitadas em concordância com princípios apresentados neste pedido de patente. A unidade de controle pode também ser proporcionada com um ou mais planos de trabalho de mina, neste caso, padrão de perfuração, em concordância com o qual operações de trabalho de mina de planos de trabalho de mina são executadas no sítio de trabalho de mina.

[0063] O dispositivo de escaneamento (*S*) pode ser parte de um módulo de escaneamento [*scanning module (SM)*] compreendendo uma estrutura (30) proporcionada com recurso de montagem, e uma unidade de controle [*control unit (CU)*] proporcionada com um processador e programas necessitados para execução dos procedimentos de determinação de posição anteriormente discutidos.

[0064] A lança (3) pode estar sem quaisquer sensores na medida em que os dados de posição e de direção necessitados podem ser produzidos pelo escaneamento. Entretanto, a lança (3) e o dispositivo de trabalho de mina podem alternativamente compreender convencionais sensores ou recursos de mensuração (31) para determinação de posição e de direção.

[0065] A posição e a direção do veículo de mina (1) no sistema de coordenadas de mina podem ser determinadas por utilização de escaneamento e de técnicas de congruência de nuvem de pontos. O recurso de escaneamento pode também ser utilizado para determinação de posição da face de extremidade (9), do perfil do espaço de mina (8), e também de topografia da face e das superfícies interiores do espaço de mina (8).

[0066] A Figura 1 adicionalmente apresenta que o veículo de mina (1) pode se comunicar com uma ou mais unidades de controle de mina externas [*mine control units (MCU)*].

[0067] A Figura 2 mostra escaneamento de superfícies de um espaço de mina (8) circundando um veículo de mina (1). Por consequência, dados de nuvem de pontos (15) podem ser produzidos de superfícies de parede (10a, 10b) e de uma superfície de teto (11). Também, profundidade a maior do espaço de mina (8), isto é, a face de extremidade pode ser escaneada. Como é apresentado na Figura 2 simplificada com ampliações, as superfícies das superfícies de parede (10a, 10b) e a superfície de teto (11) possuem configurações individuais na medida em que o material de rocha é destacado por explosão. A topografia das superfícies pode ser considerada como sendo uma espécie de impressão digital da mina. Dados de escaneamento em 3D das superfícies objetivadas do espaço de mina (8) podem ser produzidos. Por consequência, um modelo em 3D da mina pode ser atualizado sobre o fundamento do dados de nuvem de pontos escaneados.

[0068] A Figura 2 também apresenta que por intermédio do escaneamento, um objeto monitorado [*monitored object (MO)*] pode também ser detectado e uma nuvem de pontos do mesmo pode ser produzida. Os dados de nuvem de pontos do objeto monitorado (MO) compreendem pontos, que são característicos ao objeto monitorado (MO). Fundamentado sobre a configuração dos pontos criados, o objeto monitorado (MO) pode ser reconhecido em uma etapa de busca do procedimento de escaneamento. A unidade de controle (14a) pode, então, determinar as coordenadas para os pontos

reconhecidos definindo o objeto monitorado (*MO*) na nuvem de pontos e pode determinar a posição e a direção do objeto monitorado (*MO*) no sistema de coordenadas de máquina (12). A unidade de controle (14a) pode transformar os dados de posição e de direção do objeto monitorado (*MO*) em coordenadas do sistema de coordenadas de mina (13) quando a localização do veículo de mina (1) é conhecida. A posição do veículo de mina (1) na mina pode ser determinada por intermédio das técnicas de escaneamento. A posição do veículo de mina (1) e do objeto monitorado (*MO*), e bem como informação acerca da topografia de superfície objetivada do espaço de mina escaneado (8) e a localização da superfície faceada podem ser determinadas.

[0069] Na Figura 2, e bem como na Figura 4, é ilustrado por pontos negros (17) pontos onde um raio de um dispositivo de escaneamento (*S*) encontra um alvo físico e provoca a detecção. O dado de nuvem de pontos (15) compreende diversos pontos (17) criados pelo escaneamento. Os pontos (17) são mostrados como pontos negros. Pode ser considerado que o dado de nuvem de pontos representa informação de quais pontos o escaneamento vê (enxerga). Cada ponto (17) possui coordenadas (*x*), (*y*) e (*z*) no sistema de coordenadas de máquina (12), por intermédio do que a posição e a direção do objeto monitorado (*MO*) podem ser determinadas relativamente ao dispositivo de escaneamento (*S*) no sistema de coordenadas de máquina (12). O objeto monitorado (*MO*) pode ser descoberto a partir do dado de nuvem de pontos sobre o fundamento de entrada (introdução) de dado de referência para a unidade de controle (14a) ou (*CU*).

[0070] Também, a posição, a direção e a topografia de uma superfície de face em um fundo do espaço de mina (8) e de outras superfícies podem ser determinadas no sistema de coordenadas de mina (13) quando a posição do veículo de mina é conhecida e transformações de coordenadas são utilizadas.

[0071] Na Figura 3, um módulo de escaneamento (*SM*), é disposto sobre um transportador (2) de um veículo de mineração (1). O módulo de escaneamento (*SM*) compreende um dispositivo de escaneamento (*S*), uma estrutura (18) e uma unidade de controle (*CU*). A unidade de controle (*CU*) pode ser disposta para processar o dado de mensuração recebido a partir do dispositivo de escaneamento (*S*) e do dispositivo de mensuração e pode enviar por intermédio de uma unidade de comunicação de dados [*data communication unit (DCU)*] somente o dado processado e elementos de dado para uma unidade de controle de mina [*mine control unit (MCU)*] ou qualquer outra unidade de controle externa. Adicionalmente, o dispositivo de escaneamento (*S*) ou módulo de escaneamento (*SM*) podem compreender recurso de acoplamento rápido por intermédio do que os mesmos podem ser facilmente montados ao veículo de mina (1).

[0072] A Figura 4 apresenta um princípio básico de determinação de posição e de orientação de um veículo de mina (1) por intermédio de escaneamento e de congruência de nuvem de pontos. Uma redondeza do veículo de mina (1) é escaneada e um segundo dado de nuvem de pontos (21) é produzido. Um inicial primeiro dado de nuvem de pontos (22) pode ser criado de antemão e pode ser armazenado para uma unidade de controle (14a) embarcada no veículo de mina (1). As unidades de controle (14a, 14c) podem ser proporcionadas

com um processador e com um programa de congruência de nuvem de pontos ou algoritmo para congruência do segundo dado de nuvem de pontos (21) ao primeiro dado de nuvem de pontos (22). Por consequência, o primeiro dado de nuvem de pontos (22) serve como um dado de nuvem de pontos de referência e o segundo dado de nuvem de pontos (21) serve como um dado de nuvem de pontos operacional. Na Figura 4 a congruência (23) é mostrada de uma maneira fortemente simplificada. Sobre o fundamento da congruência (23), a unidade de controle (14a) ou (14b) pode determinar a posição e a orientação do veículo de mina (1) em um sistema de coordenadas de mina (13). Cada ponto (17) do dado de nuvem de pontos possui coordenadas (x), (y) e (z). No exemplo simplificado da Figura 4, o segundo dado de nuvem de pontos (21) se ajusta completamente ao dado de nuvem de pontos de referência (22).

[0073] Os princípios anteriormente mencionados de análise de congruência de nuvem de pontos e melhores procedimentos de ajuste de nuvem de pontos podem ser utilizados também para busca e para detecção de posição e de direção de um objeto monitorado, tal como uma lança ou dispositivo de trabalho de mina de um veículo de mina. Durante congruência de padrão, o sistema busca o objeto monitorado e calcula dados de posição e de direção para o mesmo.

[0074] A Figura 5 apresenta a detecção de superfícies novas ou mudadas de uma mina. Um veículo de mina proporcionado com um dispositivo de escaneamento pode servir como um dispositivo de vigilância móvel. Por consequência, o veículo de mina pode escanear as redondezas quando este veículo de mina para em um sítio de trabalho para execução

de perfuração ou qualquer outra operação de mina definida. Uma unidade de controle é configurada para executar análise de congruência de nuvem de pontos e para comparar um segundo dado de escaneamento operacional (21) para um dado de escaneamento de referência (22) armazenado na unidade de controle ou recuperado na mesma. Durante congruência de padrão, o sistema detecta se o segundo dado de escaneamento operacional (21) compreende um ou mais novos pontos de redondeza (17a), que não existem no dado de nuvem de pontos de referência (22). Estes novos pontos (17a) são mostrados na Figura 5 como pontos com preenchimento branco. A unidade de controle pode ser proporcionada com uma ou mais regras de incorporação definindo relação de congruência requerida entre o segundo dado de escaneamento operacional (21) e o dado de referência de nuvem de pontos (22). A regra de incorporação pode definir uma necessidade para congruência de 50 %, por exemplo. Se a regra de incorporação de ajuste é preenchida, os novos pontos (17a) são incorporados ao dado de nuvem de pontos de referência (22). Por consequência, o veículo de mina possibilita que paredes recentemente criadas ou superfícies recentemente mudadas venham a ser detectadas e registradas. A Figura 6 apresenta o atualizado novo dado de nuvem de pontos de referência (22a), que incorpora novos pontos escaneados detectados.

[0075] A Figura 7 mostra uma unidade de controle conceitual e programas necessários executáveis em um processador da unidade de controle para processamento do dado produzido de nuvem de pontos. A unidade de controle produz dado de posição que pode ser utilizado no controle

operacional do veículo de mina e para determinação da posição do veículo de mina e de um plano de trabalho de mina.

[0076] A unidade de controle apresentada pode ser embarcada no veículo de mina, por intermédio do que o mesmo pode pré-processar o dado de escaneamento e pode transmitir somente o resultado para uma unidade de controle de mina por intermédio de um dispositivo de transmissão de dados.

[0077] A Figura 8 ilustra um método de perfuração de face em que um equipamento de perfuração de rocha é posicionado em um sítio de perfuração para perfuração de furos de broca em concordância com um padrão de perfuração para uma face de extremidade de um túnel. Alternativamente, a perfuração de uma rodada (*R*) pode ser controlada em concordância com qualquer outro tipo de plano de escavação. A profundidade do túnel na medida em que a escavação avança. Por consequência, a profundidade do túnel aumenta rodada a rodada. A direção da profundidade [*direction of the depth (DD)*] é mostrada por intermédio de uma flecha.

[0078] O espaço de rocha escavado (8) onde o equipamento de perfuração de face (1) opera compreende uma linha de túnel [*tunnel line (TL)*] e uma face objetivada (9) em uma direção de profundidade (*DD*) da linha de túnel (*TL*). A face (9) é localizada em uma extremidade do túnel (8). A face (9) é formada quando a rodada prévia (*R*) é explodida. A posição e a configuração da face podem se desviar a partir da posição e da configuração planejadas, o que é demonstrado por linhas tracejadas (9a). O equipamento de perfuração de face (1) é proporcionado com um dispositivo de escaneamento [*scanning device (SD)*] ou módulo para determinação de posição do equipamento na mina. A técnica de escaneamento pode também

ser utilizada para determinação de posição da face (9) relativamente para a linha de túnel (*TL*) na direção de profundidade (*DD*). O sistema pode determinar a profundidade a maior da face de túnel (9) na direção de profundidade (*DD*) da linha de túnel (*TL*) e pode definir a posição da face precisamente sobre o fundamento da profundidade a maior. Em adição, o dado de escaneamento produzido pode ser utilizado para determinação de perfil de túnel da face (9), de direção da face (9) relativamente para a linha de túnel (*TL*) e a topografia da face (9).

[0079] A Figura 9 e a Figura 10 ilustram um princípio de um método de perfuração de ventilador em que um equipamento de perfuração de rocha (1) é posicionado em um sítio de perfuração para perfuração de furos de broca em concordância com um padrão de perfuração para uma superfície de contorno interior [*inner surface (IS)*] de um túnel piloto (8b). Na perfuração de ventilador, um padrão de perfuração de ventilador definindo as posições e as direções de furos de broca, pode ser utilizado. O equipamento de perfuração de ventilador (1) é proporcionado com um dispositivo de escaneamento (*SD*) ou módulo para determinação de posição do equipamento na mina. A técnica de escaneamento pode também ser utilizada para determinação de posição da face (9) relativamente para a linha de túnel (*TL*) na direção de profundidade (*DD*). Superfícies (*S*) e perfis de túnel do túnel escavado (8) podem também ser escaneada/os e detectada/os.

[0080] Na perfuração de face e na perfuração de ventilador é também possível utilizar uma linha de túnel pré-projetada (*TL*) como um plano de trabalho de mina ao invés de padrões de perfuração. Adicionalmente, perfis interiores

do túnel ao longo da linha de túnel podem também ser pré-determinados e introduzidos para a unidade de controle. O plano de mina de trabalho pode também definir um perfil mínimo e um perfil máximo para as partes de túnel desejadas.

[0081] Figura 11 mostra uma projeção (xz) de um padrão de perfuração (32) para perfuração de face. O padrão de perfuração (32) define uma pluralidade de furos de broca (33) dispostos sobre uma pluralidade de fileiras aninhadas (34a - 34c). Adicionalmente, o padrão de perfuração (32) pode compreender furos de campo (35a) até (35c) colocados em uma seção entre a fileira de furo de broca a mais interior (34c) e um corte (36). No padrão de perfuração (34), o furo de broca (33) pode ser apresentado como um círculo. Adicionalmente, a direção de cada furo de broca (33) pode ser simbolizada por uma linha direcional (37) no padrão de perfuração (32). A distância entre os furos de broca (33) é chamada de espaçamento de furo (38). Propriedades e parâmetros do padrão de perfuração (32) podem ser modificados por execução de um programa de projeto de padrão de perfuração ou por um correspondente programa de processamento de plano de trabalho de mina em um processador de uma unidade de controle. Resultados de monitoramento e de sensoramento das rodadas prévias podem ser levados em consideração quando de alteração (de correção) de padrões de perfuração seguintes.

[0082] A Figura 12 mostra um princípio de um padrão de perfuração (32) em associação com uma rodada (R) para ser perfurado. Uma face (9) de um túnel (8) para ser escavado pode ser proporcionada com um plano de navegação (N) para onde o sistema de coordenadas do padrão de

perfuração (32) pode ser atado. O plano de navegação (*N*) pode ser localizado na frente da face (9). O padrão de perfuração (32) pode incluir uma determinada localização e direção do equipamento de perfuração de rocha (1) no sistema de coordenadas, caso no qual o equipamento de perfuração de rocha (1) é navegado em concordância com o sistema de coordenadas antes que a perfuração venha a ser iniciada. A lança da rodada (*R*) pode adicionalmente incluir um plano de explosão (39) em uma distância correspondente ao comprimento do padrão a partir do plano de navegação (*N*).

[0083] A Figura 13 mostra uma mina compreendendo diversos túneis (8a - 8d) e diferentes veículos de mina (1a - 1d) operando nos túneis (8a - 8d). No túnel o mais inferior (8a) existe equipamento de perfuração de face (1a) para perfuração de furos de explosão para uma face de extremidade do túnel (8a). Um equipamento de perfuração ventilador (1b) está perfurando um padrão de perfuração assemelhado a ventilador em um segundo túnel (8b). Em um terceiro túnel (8c), um veículo de carga (1c) está transportando material de rocha destacado, e adicionalmente, um veículo de carregamento (1d) está operando em um quarto túnel (8d). Todos estes veículos de mina operando na mina podem ser proporcionados com os planos de trabalho de mina e módulos de escaneamento anteriormente apresentados por intermédio do que os mesmos podem ser posicionados e operados da maneira apresentada neste pedido de patente. Os veículos de mina podem também proporcionar dados de vigilância e de monitoramento para uma unidade de controle de mina [*mine control unit (MCU)*]. A unidade de controle de mina (*MCU*) pode ser localizada em uma sala de controle e pode ser

conectada para um ou mais dispositivos terminais ou unidades de exibição (de *display*) [*display units (DU)*] para provisão da informação de operador acerca do estado (*status*) corrente (atual) e para exibição de relatórios de situação.

[0084] Quando o equipamento de perfuração de ventilador (1b) é utilizado em tunelamento, este equipamento pode operar em um túnel piloto e pode perfurar furos de explosão e um teto do túnel piloto. Depois de explosão, os furos de broca do túnel piloto são alargados. Dois ventiladores de furo de broca sucessivos definem o comprimento de uma rodada (*R*). Na perfuração de face, o equipamento de perfuração de face (1a) perfura furos de broca para uma superfície de extremidade, isto é, uma face do túnel (8a). Depois do desenvolvimento de escavação, os espaços de mina formados podem ser vigiados por intermédio dos módulos de monitoramento dos veículos de mina. O módulo de monitoramento pode compreender dispositivo de escaneamento para escaneamento das faces e de outras superfícies dos túneis (8a - 8d).

[0085] Os Desenhos das Figuras anexas e a descrição relacionada são unicamente intencionado/as para ilustrar a ideia da presente invenção. Nos seus detalhes, a presente invenção pode variar dentro do escopo das reivindicações da patente.

[0086] Portanto, apesar de a presente invenção ter sido descrita em concordância e com referência às exemplificações específicas e modalidades preferidas, aqueles especializados no estado da técnica irão apreciar que a presente invenção pode ser concretizada de muitas outras diferentes formas com um número de modificações, de

variações e de mudanças sendo conceptível sem afastamento a partir do espírito inventivo e do escopo de proteção da presente invenção que é unicamente limitada no que se refere ao estabelecido nas reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Veículo de mina, compreendendo:

um transportador móvel;

pelo menos um dispositivo de trabalho de mina para execução de tarefas de trabalho de mina em uma mina;

pelo menos um dispositivo de escaneamento para escanear as redondezas do veículo de mina e produzir dado de escaneamento em 3D das redondezas;

uma unidade de controle configurada para receber dado e para processar o dado em pelo menos um processador, a unidade de controle compreende pelo menos um programa de congruência de nuvem de pontos para ser executado no processador; e

um primeiro dado de nuvem de pontos inicial disposto para ser introduzido na unidade de controle, o primeiro dado de nuvem de pontos compreendendo modelo 3D de referência da mina armazenado em um sistema de coordenadas de mina;

caracterizado pelo fato de que

pelo menos um segundo dado de nuvem de pontos produzido por o pelo menos um dispositivo de escaneamento do veículo de mina disposto para ser introduzido na unidade de controle, o segundo dado de nuvem de pontos compreendendo dados de escaneamento operacional da posição atual do veículo de mina, a unidade de controle é configurada para processar o segundo dado de nuvem de pontos extraíndo dado de nuvem de pontos das superfícies ao redor e removendo dados de nuvem de pontos de outros objetos, através do qual o segundo dado de nuvem de pontos simplificado das superfícies ao redor é criado, para

executar o programa de máquina para comparar o segundo dado de nuvem de pontos simplificado ao primeiro dado de nuvem de pontos de referência, e para determinar posição e direção do veículo de mina no sistema de coordenadas da mina com base na determinação da comparação do segundo dado de nuvem de pontos simplificado e o primeiro dado de nuvem de pontos de referência;

a unidade de controle compreendendo pelo menos um plano de trabalho de mina definido posição do sítio de trabalho da mina no sistema de coordenadas da mina e tarefas de trabalho da mina para serem executados no sítio de trabalho da mina; e a unidade de controle é configurada para conectar a posição determinada do veículo de mina e a posição do plano de trabalho de mina para iniciação da tarefa de trabalho de mina no sítio de trabalho de mina.

2. Veículo de mina, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

a unidade de controle é configurada para determinar uma área ou seção da mina onde o veículo de mina está operando, e baseado no dado de posição, a unidade de controle é configurada para comparar o segundo dado de nuvem de pontos escaneado com o dado de nuvem de pontos parcial da mina, por meio do qual um dado de nuvem de pontos dedicado e limitado está servindo como o dado de referência na comparação.

3. Veículo de mina, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que:

o veículo de mina é um equipamento de perfuração de rocha compreendendo pelo menos uma lança de perfuração com uma unidade de perfuração, a unidade de controle é

proporcionada com pelo menos um padrão de perfuração servindo como o plano de trabalho de mina e definindo as posições e as direções de diversos furos de perfuração no sistema de coordenadas de mina para uma rodada ser perfurada na posição de perfuração predeterminada na mina, a unidade de controle é configurada para conectar a posição determinada do equipamento de perfuração de rocha e a posição do padrão de perfuração para iniciação da perfuração na posição de perfuração.

4. Veículo de mina, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

o veículo de mina é operável em um espaço de rocha escavado compreendendo uma linha de túnel e uma face objetivada em uma direção de profundidade da linha de túnel, o veículo de mina é provido com pelo menos uma lança de perfuração com dispositivos de medição dispostos para detecção da posição da face relativa para a linha de túnel na direção de profundidade, e em que a unidade de controle é configurada para definir a posição do plano de trabalho de mina sobre o fundamento da posição de profundidade determinada da face objetivada.

5. Veículo de mina, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que:

os dispositivos de medição são dispostos para determinar uma maior profundidade da face de túnel na direção de profundidade da linha de túnel, em que a unidade de controle é configurada para determinar a maior profundidade detectada para definir a posição da face.

6. Veículo de mina, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que:

o dispositivo de trabalho de mina está localizado em uma parte distal da lança instrumentada, uma localização da face relativa ao carregador sendo determinada ao arranjar o dispositivo de trabalho de mina em contato com a face e determinar a localização da face pela lança instrumentada tendo o dispositivo de medição.

7. Veículo de mina, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que:

o dispositivo de escaneamento é disposto para escanear na direção da face objetivada, na qual dado de nuvem de pontos provido de coordenadas é produzido da face objetivada de rodadas escavadas pelo menos uma vez, a unidade de controle é configura para determinar propriedade da superfície objetivada com base no dado de nuvem de pontos produzido.

8. Veículo de mina, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que:

a posição e a direção do dispositivo de trabalho de mina são determinadas por escaneamento das redondezas do veículo de mina, por intermédio do que dado de nuvem de pontos do dispositivo de trabalho de mina é criado;

a pelo menos uma unidade de controle é proporcionada com um dado de nuvem de pontos de referência do dispositivo de trabalho de mina, e pelo menos um programa de processamento de nuvem de pontos é executado na pelo menos uma unidade de controle para comparação do dado de nuvem de pontos escaneado e do dado de nuvem de pontos de referência de maneira a buscar e a detectar o dispositivo de trabalho de mina no dado de nuvem de pontos

escaneado e para determinar a posição e a direção do dispositivo de trabalho de mina.

9. Veículo de mina, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que:

a unidade de controle é configurada para comparar o dado de nuvem de pontos produzido por meio do dispositivo de escaneamento com o modelo 3D de mina em relação com a posição detectada e é configurado para detectar no dado de escaneamento objetos de nuvem de pontos novos ou modificados na posição de escaneamento, permitindo que novas paredes criadas ou modificadas sejam detectadas e gravadas, e a unidade de controle sendo configurada para incorporar o novo dado de nuvem de pontos ao dado de nuvem de pontos do modelo 3D da mina, em que a unidade de controle de mina é configurada para atualizar o modelo 3D da mina com base no dado de escaneamento.

10. Unidade de controle para determinar posição e direção de um veículo de mina, disposto com pelo menos um dispositivo de escaneamento, caracterizada pelo fato de que a unidade de controle compreende:

um processador disposto em comunicação operacional com o veículo de mina compreendendo pelo menos um dispositivo de escaneamento, o processador sendo disposto para receber dado de escaneamento operacional do veículo da posição atual do veículo de mina, o dado de escaneamento incluindo um segundo dado operacional de nuvem de pontos produzido por o pelo menos um dispositivo de escaneamento, para processar os dados de escaneamento operacional;

pelo menos um programa de comparação de nuvem de pontos disposto para ser executado no processador;

primeiro dado de nuvem de pontos inicial incluindo um modelo 3D de referência da mina no sistema de coordenadas da mina armazenado, a unidade de controle sendo configurada para processar o segundo dado de nuvem de pontos ao extrair dado de nuvem de pontos de outros objetos, em que um segundo dado de nuvem de pontos simplificado das superfícies nos arredores está sendo criado, para executar o programa de comparação de nuvem de pontos de modo a comparar o segundo dado de nuvem de pontos simplificado ao primeiro dado de nuvem de pontos de referência e para determinar posição e direção do veículo de mina no sistema de coordenadas da mina com base na comparação entre os dados de nuvem de pontos simplificados e dos dados de nuvem de pontos de referência; e

pelo menos um plano de trabalho de mina definindo posição do sítio de trabalho de mina no sistema de coordenadas da mina e tarefas de trabalho de mina para serem executadas no sítio de trabalho da mina, em que a unidade de controle é configurada para conectar a posição determinada do veículo da mina e a posição do plano de trabalho da mina para inicializar as tarefas de trabalho de mina no sítio de trabalho da mina.

11. Método para iniciar tarefa de trabalho de mina em um sítio de trabalho de mina, caracterizado por compreender:

posicionar um veículo de mina em uma mina;

executar pelo menos um escaneamento operacional das redondezas do veículo de mina por intermédio de pelo

menos um dispositivo de escaneamento embarcado do veículo de mina;

introduzir pelo menos um dado de nuvem de pontos operacional do escaneamento operacional produzido do escaneamento operacional das redondezas em pelo menos uma unidade de controle provida de um programa de comparação de nuvem de pontos;

introduzir dados de nuvem de pontos de um modelo de mina em 3D na unidade de controle e utilizar o mesmo como um dado de nuvem de pontos de referência da mina, em que o dado de referência compreende coordenadas do dado de nuvem de pontos de referência em um sistema de coordenadas de mina;

processar os dados de nuvem de pontos operacionais por extrair dados de nuvem de pontos das superfícies ao redor e remover dados de nuvem de ponto de outros objetos, em que um dado de nuvem de pontos operacional simplificado das superfícies ao redor é criado;

executar o programa de comparar a nuvem de pontos em um processador da unidade de controle para buscar pontos comparados coincidentes entre o dado de nuvem de pontos operacional simplificado e o dado de nuvem de pontos de referência;

utilizar os resultados do processo de comparação para determinação de posição e de direção do veículo de mina no sistema de coordenadas de mina;

prover a unidade de controle também com pelo menos um plano de trabalho de mina definindo a posição de um sítio de trabalho de mina no sistema de coordenadas de

mina e as tarefas de trabalho de mina para serem executadas no sítio de trabalho de mina; e

conectar a posição determinada do veículo de mina e da posição do plano de trabalho de mina para iniciar a tarefa de trabalho de mina no sítio de trabalho de mina.

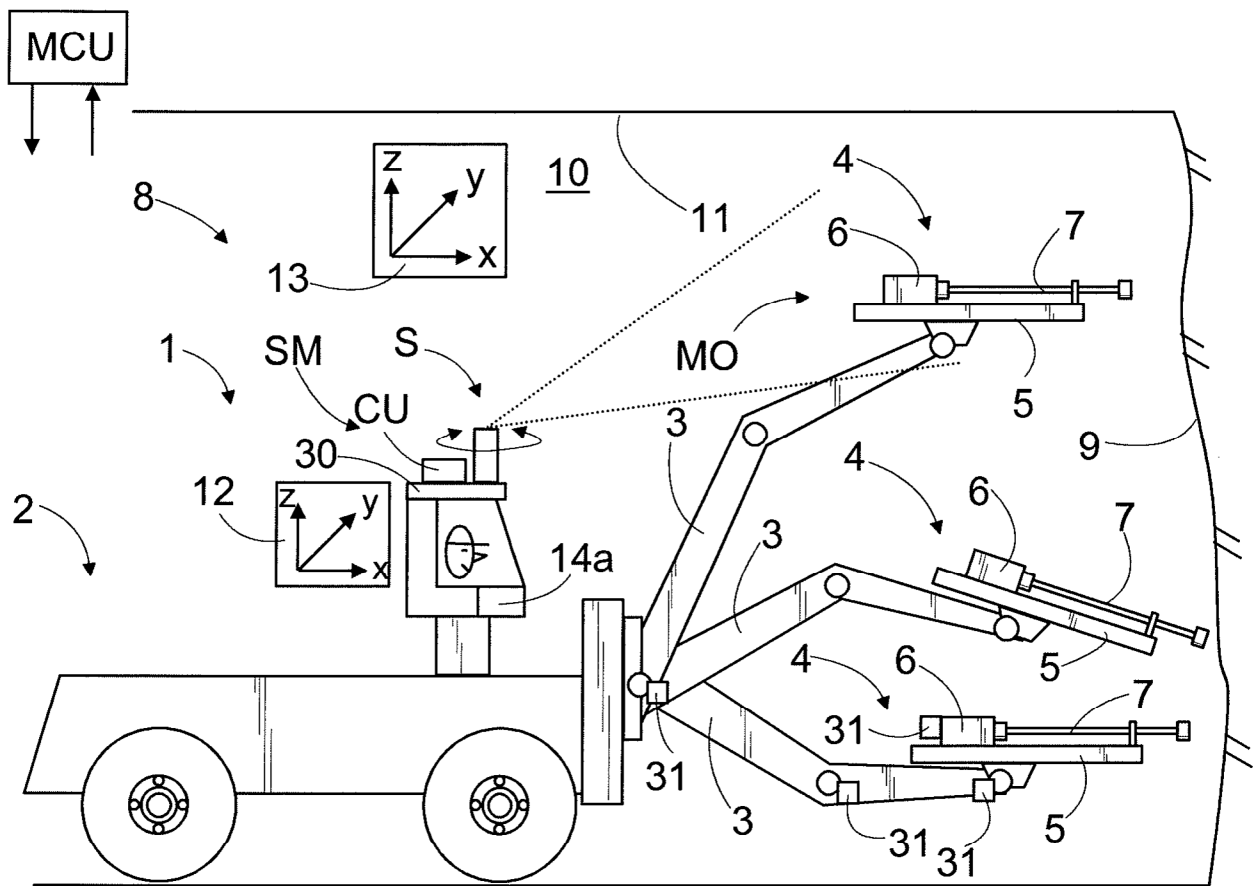


FIG. 1

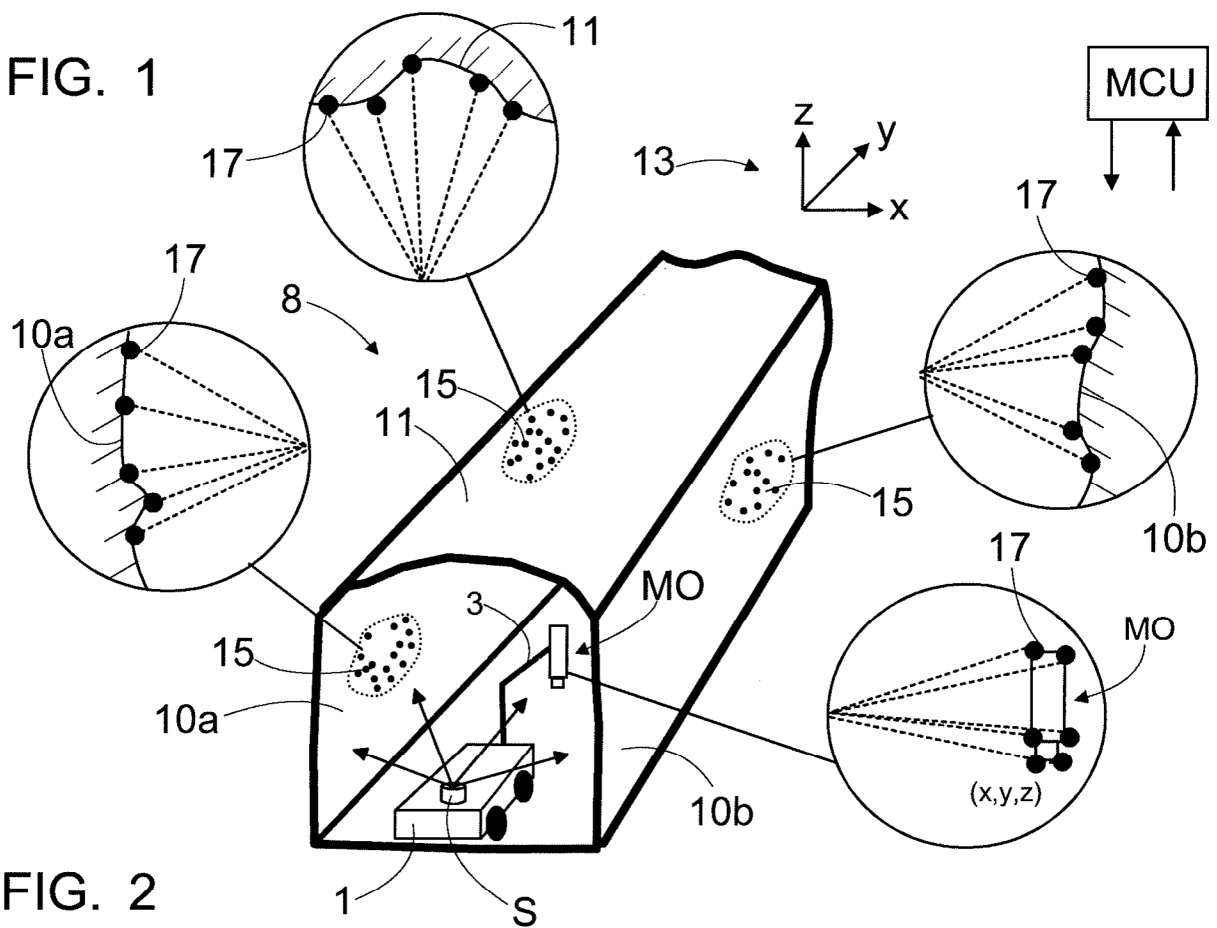


FIG. 2

Segundo dado de nuvem de pontos escaneado



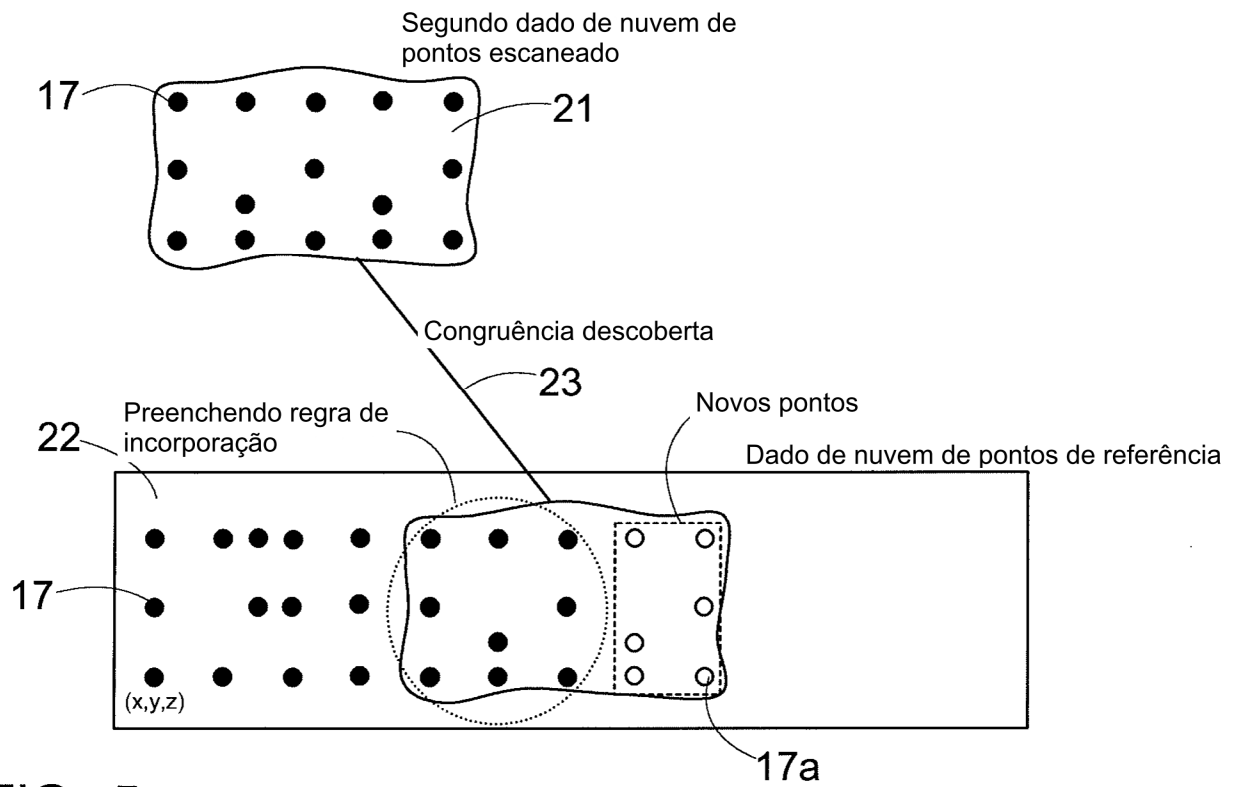


FIG. 5

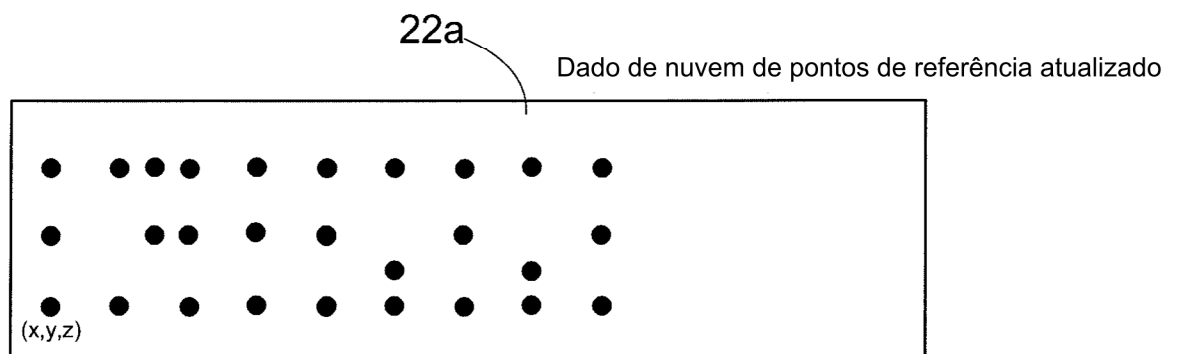


FIG. 6

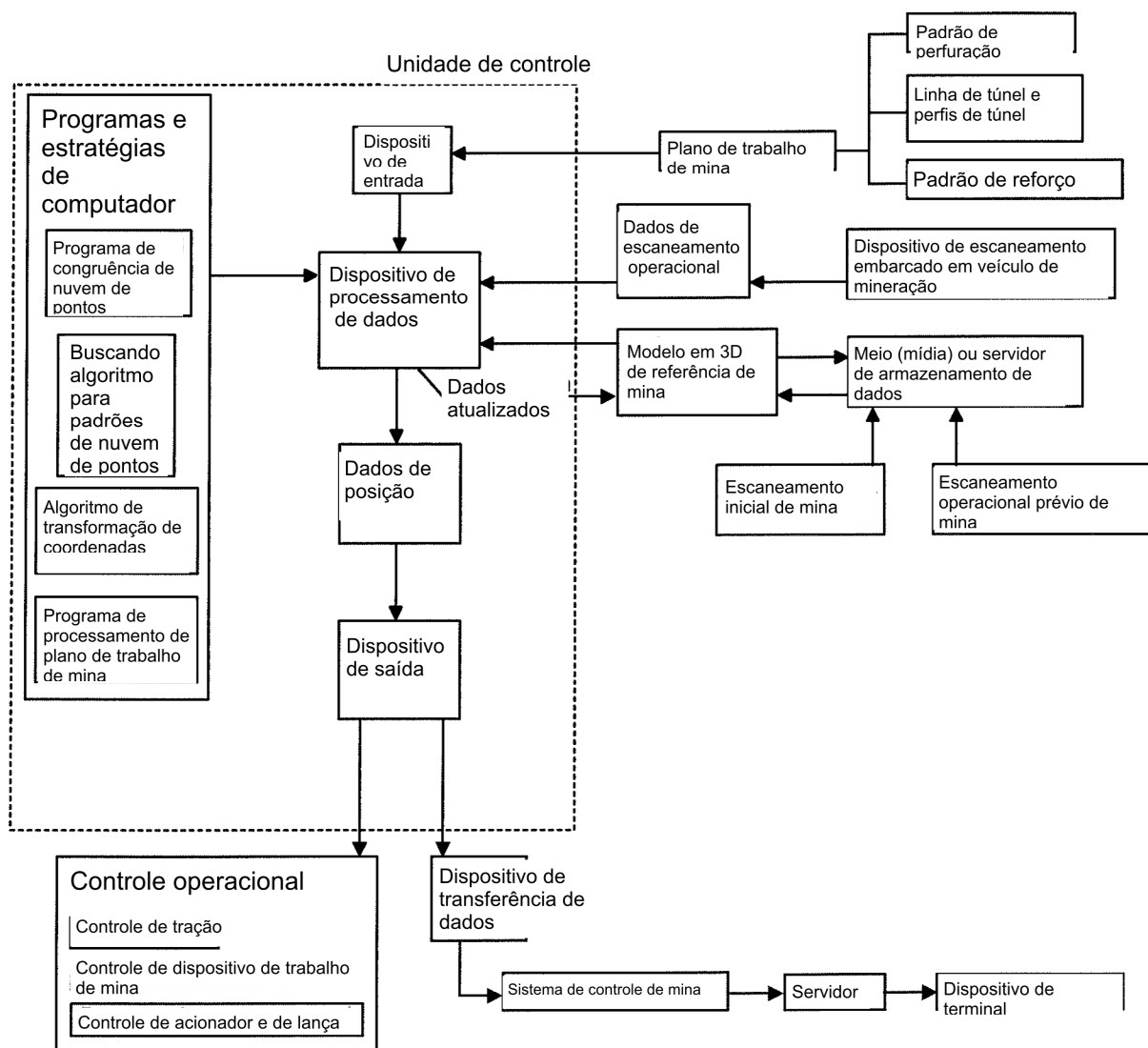


FIG. 7

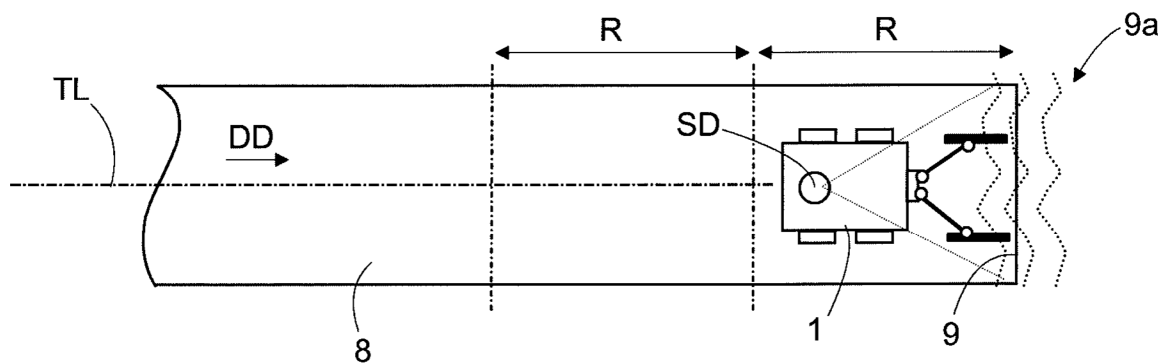


FIG. 8

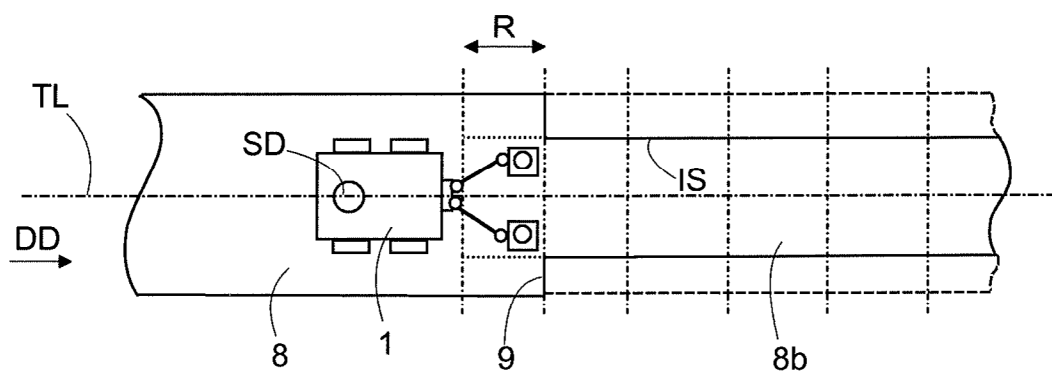


FIG. 9

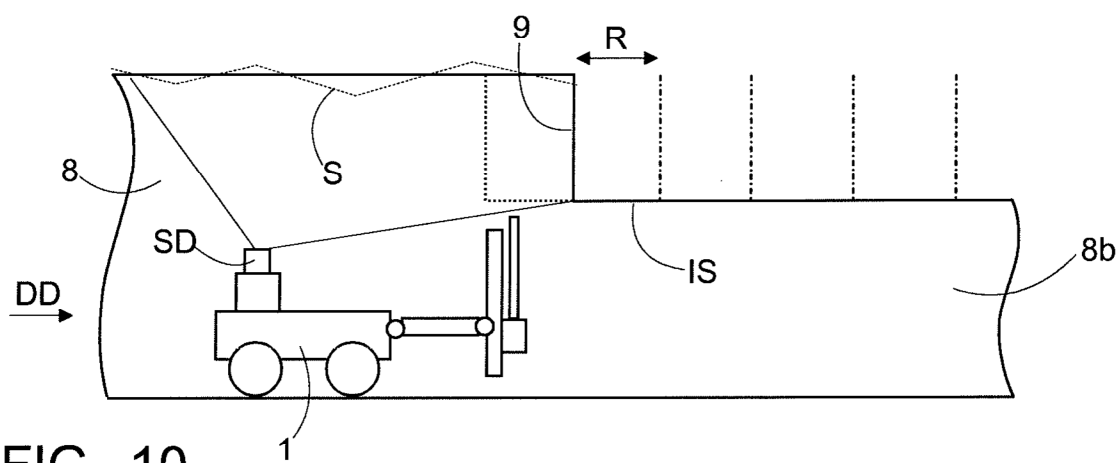


FIG. 10

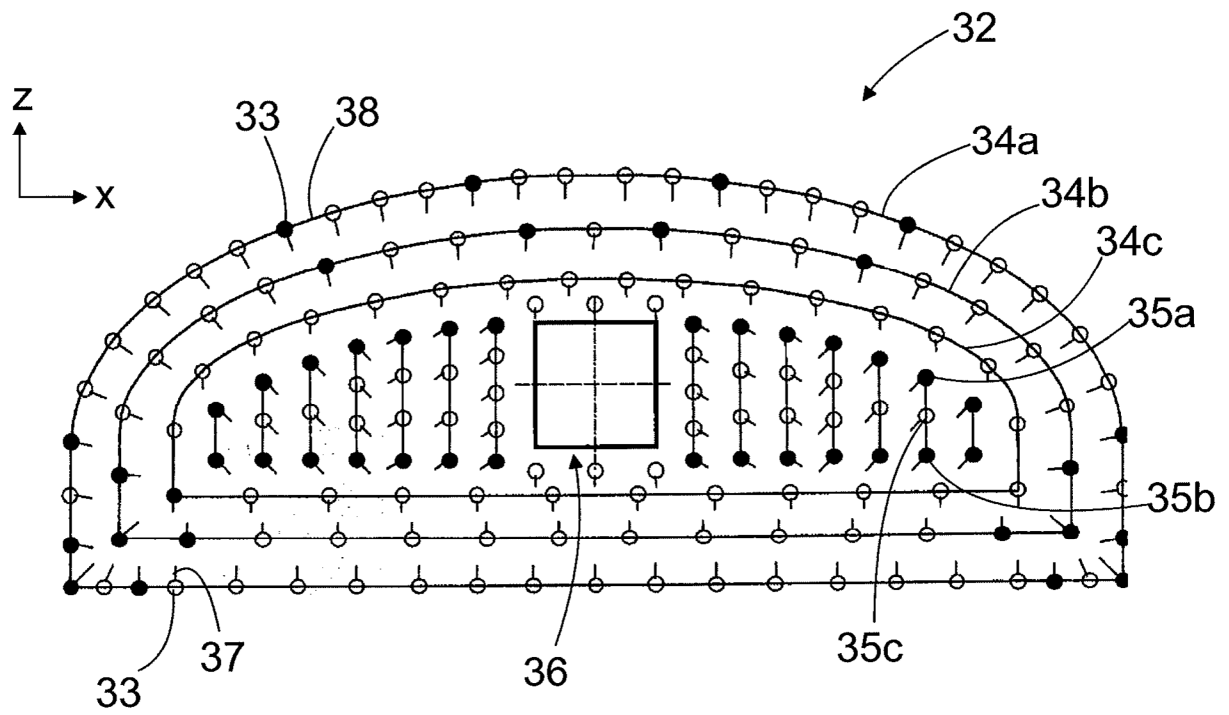


FIG. 11

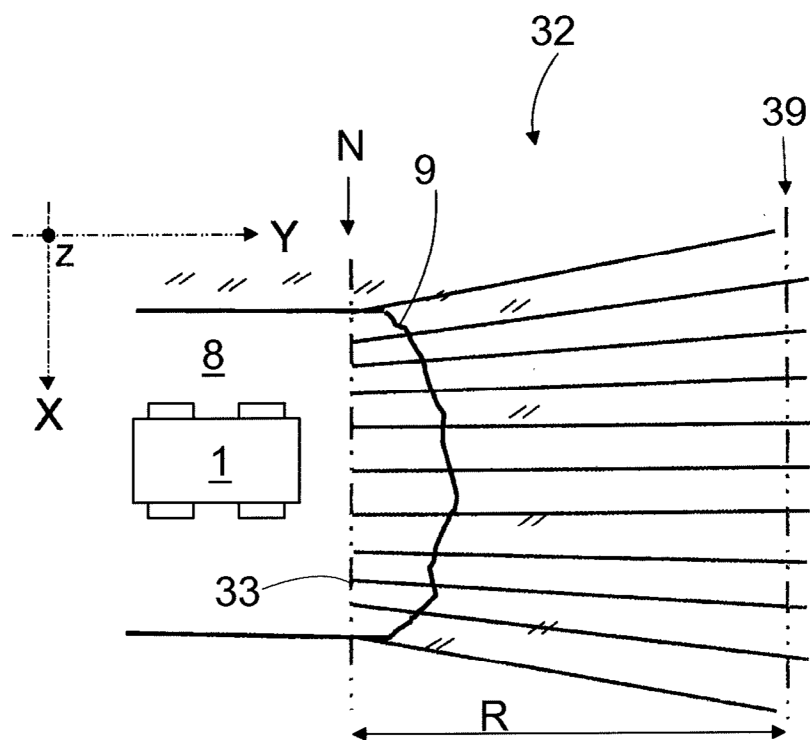


FIG. 12

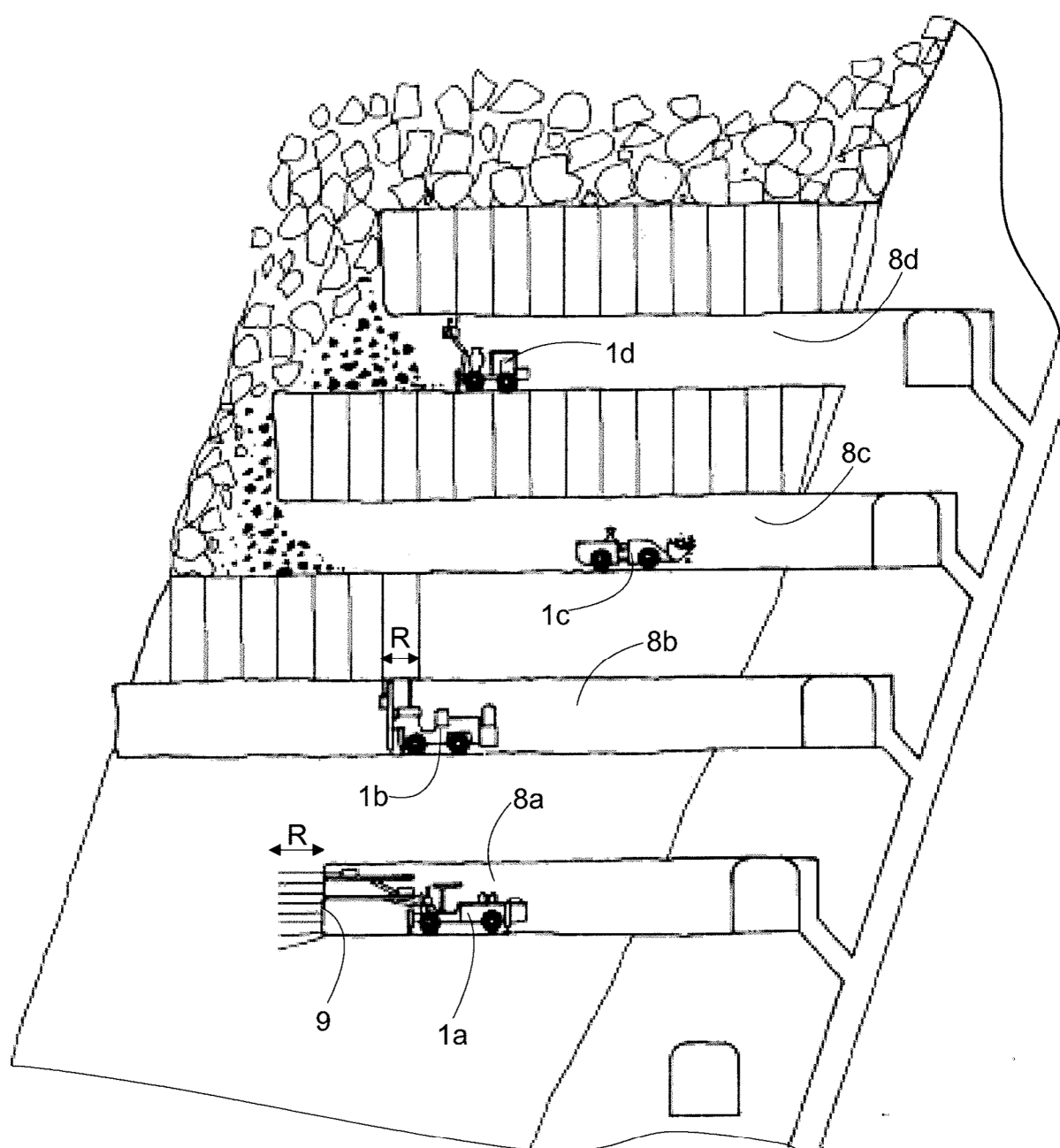
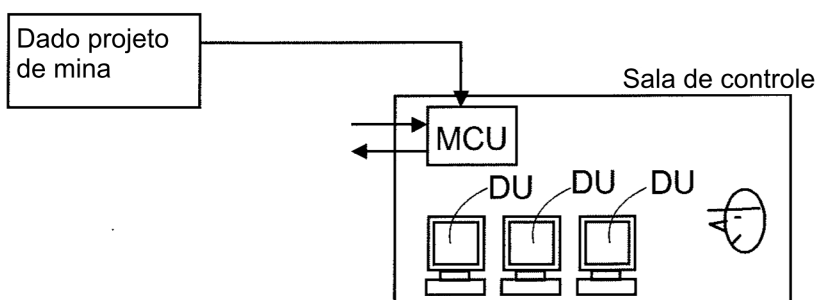


FIG. 13