

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

| | | |
|--|--|-----------|
| (22) Data de pedido: 2013.05.13 | (73) Titular(es): KAPSCH TRAFFICOM AG AM EUROPLATZ 2 1120 WIEN | AT |
| (30) Prioridade(s): | | |
| (43) Data de publicação do pedido: 2014.11.19 | (72) Inventor(es): OLIVER NAGY | AT |
| (45) Data e BPI da concessão: 2015.04.15 163/2015 | (74) Mandatário: JOÃO LUÍS PEREIRA GARCIA RUA CASTILHO, 167 2º 1070-050 LISBOA | PT |

(54) Epígrafe: **MÉTODO PARA A MEDIÇÃO DA POSIÇÃO DA SUPERFÍCIE DE UM VEÍCULO**

(57) Resumo:

MÉTODO PARA A MEDIÇÃO DA POSIÇÃO (P) DA SUPERFÍCIE (4-8) DE UM VEÍCULO (2) NUMA FAIXA DE RODAGEM (3), COMPREENDENDO OS PASSOS DE: TRANSMITIR E RECEBER FEIXES DE RADAR (12, 14) NAS POSIÇÕES DE TRANSMISSÃO E RECEÇÃO (S, EI) EM VÁRIAS DIREÇÕES PRINCIPAIS DE TRANSMISSÃO E RECEÇÃO (19, 22) E CONVERSÃO EM SINAIS DE RECEÇÃO (RI); SELEÇÃO DOS SINAIS DE RECEÇÃO (R I) COM A MÁXIMA INTENSIDADE DE SINAL (RSSI I); E DETERMINAÇÃO DA REFERIDA POSIÇÃO (P) DAS POSIÇÕES DE TRANSMISSÃO E RECEÇÃO (S, E I) E DAS DIREÇÕES PRINCIPAIS DE TRANSMISSÃO E RECEÇÃO (19, 22) DO SINAL RECEBIDO (R I) COM A MÁXIMA INTENSIDADE DE SINAL (RSSI I).

DESCRIÇÃO

MÉTODO PARA A MEDIÇÃO DA POSIÇÃO DA SUPERFÍCIE DE UM VEÍCULO

A presente invenção refere-se a métodos para a medição da posição de uma superfície de um veículo numa faixa de rodagem.

A medição da posição dos veículos é importante para muitas funções no controlo de trânsito, monitorização e carregamento, por exemplo, para a determinação da faixa que está a ser utilizada por um veículo através de um controlo de trânsito eletrónico ou posto de portagem ou também para detetar a posição longitudinal de um veículo ao longo da estrada, de modo a poder associar o veículo claramente com a imagem de uma câmara de vigilância de trânsito. A medição da posição de uma superfície de veículo, por exemplo as suas superfícies de topo e laterais, serve para a determinação do tamanho e classificação do veículo, por exemplo se se trata de um veículo ligeiro ou de um camião para, de modo a por exemplo poder controlar e aplicar a classe de um veículo e as restrições de circulação ou de portagem dela dependentes.

Para a medição da posição são atualmente utilizados principalmente sistemas óticos, tais como scans a laser ou câmaras de vídeo. Estes são dependentes de uma boa visibilidade e portanto fortemente dependentes das condições meteorológicas; na chuva, neve ou visibilidade com humidade os mesmos muitas vezes falham. A ótica de scans a laser e câmaras de vídeo requer igualmente limpeza frequente para uma boa utilização, e devido a peças mecânicas móveis, os mesmos têm uma vida útil limitada e uma gama limitada de temperaturas.

Em algumas áreas, tais como sistemas de monitorização de fluxo de trânsito são atualmente utilizados também sistemas de radar, os quais permitem a partir de um ponto elevado, por exemplo da haste de uma antena colocada ao lado de uma estrada, detetar veículos em movimento por meio de radar Doppler e seguir

os seus movimentos numa imagem de radar. A precisão da posição de tais sistemas de radar é limitada, e a análise Doppler das velocidades dos veículos requer um esforço computacional elevado para criar a imagem do fluxo de trânsito.

A invenção tem como objetivo proporcionar novos métodos para a medição de posição da superfície do veículo, que são mais livres de avarias que os métodos óticos conhecidos e mais fáceis, mais baratos e mais precisos do que os métodos convencionais de radar.

Este objetivo é conseguido por um método do tipo acima mencionado, que compreende os seguintes passos:

- a) Transmissão de um primeiro feixe de radar a partir de uma posição de transmissão acima do plano da superfície da estrada numa primeira direção principal de transmissão obliquamente inclinada para baixo, receção de um primeiro feixe de radar refletido a uma posição de receção acima do plano da superfície da estrada numa primeira direção de receção principal obliquamente inclinada para baixo e conversão do primeiro feixe refletido de radar num primeiro sinal de receção, em que a posição de transmissão e a posição de receção estão espaçadas entre si e a primeira direção principal de transmissão e a primeira direção principal de receção estão situadas num plano comum;
- b) Transmissão de um segundo feixe de radar a partir da posição de transmissão num feixe obliquamente inclinado para baixo numa segunda direção principal de transmissão, receção de um segundo feixe de radar refletido na posição de receção numa segunda direção principal de receção diagonalmente inclinada para baixo, e conversão do referido segundo feixe de radar refletido, num segundo sinal de receção, em que a segunda direção principal de transmissão e a segunda direção principal de receção se situam no referido plano;

c) Seleção do sinal de recepção com maior intensidade de sinal; e

d) Determinação da referida posição a partir das posições de transmissão e recepção e das direções principais de transmissão e recepção do sinal de recepção com maior intensidade de sinal;

em que os passos a) e b) são realizados sucessivamente ou simultaneamente no tempo.

A invenção baseia-se na aplicação de um feixe de radar direcionalmente controlável, e numa avaliação dos sinais recebidos do recetor de radar em diferentes posições angulares, em que o sinal mais forte recebido indica a direção de transmissão e de recepção, nas quais se opera a reflexão na superfície pretendida; através de cálculos geométricos simples com base nas posições de transmissão e recepção conhecidas, bem como as direções de transmissão e recepção assim determinadas (ângulos) em relação à superfície da estrada como referência e, opcionalmente planos de reflexão secundários é possível identificar pontos de medição individuais nos planos atravessados pelas direções de transmissão e recepção gerando assim planos de medição. Para isso não são necessárias medições Doppler, de interferência, nem medições de tempo; são suficientes as análises simples das intensidades de sinal dos sinais recebidos, o que simplifica imenso a avaliação computacional do método de medição. O processo é por conseguinte também realizável por meio de uma variedade de transmissores e recetores de radar, que são dispostos por exemplo na mesma estrada para obter pontos de medição mais espaçados na estrada, por meio de *hardware* de baixo custo.

Em formas de realização simples da invenção pode tratar-se de feixes de radar CW (Continuous Wave) ou de feixes de radar FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) - em que o dispositivo de avaliação avalia por exemplo apenas as intensidades de sinal dos sinais recebidos. Com feixes de radar CW ou FMCW o dispositivo de avaliação pode por exemplo realizar

medições de interferência ou medições FMCW para a medição de distância.

Numa forma de realização alternativa da presente invenção os feixes de radar contém transmissão de pulsos e receções de pulsos, em que para a referida seleção apenas os sinais recebidos são tidos em conta, cujos pulsos recebidos se encontram respetivamente dentro de um intervalo de tempo pré-determinado após um pulso de transmissão. O intervalo de tempo ("range gates") pode ser ajustado de modo a poder aumentar a precisão e sensibilidade em caso de múltiplas reflexões dos feixes de radar, por exemplo de objetos ambientais não relevantes ou que fiquem ocultos entre a placa do fundo do veículo e a estrada.

O dispositivo de medição pode ser utilizado dependendo da posição angular das referidas direções principais de transmissão e receção para medir diferentes superfícies de um veículo. De acordo com uma primeira forma de realização cada direção principal de transmissão e a respetiva direção principal de receção associada são paralelas umas às outras, a fim de medir a posição de uma superfície substancialmente vertical; de acordo com uma forma de realização alternativa cada direção principal de transmissão e respetiva direção principal de receção associada em relação à vertical, estão inclinadas em imagem em espelho, de modo a medir a posição de uma superfície substancialmente horizontal. A primeira forma de realização perde superfícies verticais, como p. ex. as paredes laterais ou frontais de um veículo, através do desvio de uma reflexão secundária na faixa de rodagem substancialmente horizontal ("Corner-Effekt"). A segunda forma de realização mede diretamente a reflexão primária numa superfície horizontal, por exemplo, a superfície de topo ou de cobertura do veículo.

De preferência para o método são utilizadas não apenas duas, mas várias direções principais de transmissão e de receção, para receber mais que dois sinais de receção, dos quais

é selecionado o sinal de receção com a maior intensidade de sinal. Isto permite obter uma pluralidade de pontos de medição no referido plano comum.

Uma outra forma de realização do método da invenção consiste em pelo menos uma posição de receção adicional, que é usada para a receção de sinais adicionais, em que de entre todos os sinais de receção e os sinais de receção adicionais, é selecionado o sinal de receção com a maior intensidade de sinal. Desse modo podem ser determinados mais pontos de medição, por exemplo também distribuídos ao longo da largura da faixa de rodagem, a fim de aumentar o alcance de medição (a "abertura") do método de medição. De preferência a posição de receção e a posição de receção adicional encontram-se no referido plano comum, para que o plano forme um plano de medição, por exemplo, perpendicularmente à faixa de rodagem ou na direção longitudinal da faixa de rodagem, em que é obtida a deteção de uma pluralidade de pontos de medição através do controlo das respetivas direções de transmissão e receção e seleção da respetiva posição de receção.

É particularmente preferido, quando o referido plano de medição é perpendicular à faixa de rodagem, de preferência no qual está montada uma ponte que atravessa perpendicularmente a faixa de rodagem, à qual pode ser montado o radar de transmissão e o radar de receção para a transmissão e receção dos feixes de radar. Deste modo as posições do veículo e uma superfície nesse plano podem ser determinadas com alta precisão com meios computacionais simples, por exemplo a via utilizada pelo veículo, a quantidade da superfície da cobertura do veículo em relação à superfície da estrada ou a posição de uma superfície lateral do veículo. Numa forma de realização alternativa o transmissor de radar e o recetor de radar podem igualmente encontrar-se num plano ao longo da faixa de rodagem alinhado ou oblíquo à superfície da faixa de rodagem, de modo que a posição do veículo ou uma superfície frontal do veículo na direção longitudinal da faixa de rodagem possa igualmente

ser determinada.

Através da forma simples do transmissor e recetor de radar, que precisa ser apenas controlável na direção dos mesmos, por exemplo por meio de antenas ou por meio da seleção a partir de múltiplas antenas direcionais fixas, é possível serem utilizados componentes muito leves, o que também se traduz numa construção de ponte de montagem correspondentemente leve e portanto económica. Numa forma de realização preferida, as direções principais de transmissão e receção são definidas por meio de sistemas de antenas de controlo de fase, o que dispensa a construção de partes mecanicamente móveis permitindo uma construção livre de manutenção e duradoura.

Em ambas as variantes, é possível realizar uma medição do pulso de tempo, quando são utilizados feixes de radar pulsados para aumentar a precisão da medição. Para este efeito, as medições do pulso de tempo do trânsito são realizadas entre os pulsos de transmissão e os pulsos da receção e a partir delas determinar a distância da superfície das posições de transmissão e de receção, a fim de melhorar a medição de posição. Alternativamente os feixes de radar podem ser feixes de radar FMCW e assim a distância da superfície relativamente às posições de transmissão e receção ser determinada de acordo com o método FMCW, ou os feixes de radar podem ser feixes de radar CW e a distância da superfície relativamente às posições de transmissão e receção ser determinada de acordo com um método de interferência de fase, a fim de melhorar a medição de posição.

De acordo com uma outra forma de realização vantajosa da invenção os feixes de radar são transmitidos e recebidos pelo emissor e recetor de radar, operados seletivamente e respetivamente em código, tempo ou frequência multiplex ou como emissor ou recetor. Desse modo é possível por um lado simplificar o esforço de fabrico e da montagem, porque os componentes individuais, nomeadamente os

transmissores-recetores de radar podem ser montados sendo apenas controlados e avaliados de modo diferente. Por outro lado é possível obter-se desse modo que mais pontos de medição sejam medidos com a mesma estrutura: Os componentes individuais podem atuar nas suas respectivas posições de montagem ou como um transmissor ou recetor, o que resulta em mais combinações possíveis e com isso aparecerem mais pontos medíveis no plano de medição.

O método da invenção é adequado para todos os tipos de radar, sejam eles radares de pulso, CW ou FMCW, em que os feixes de radar também podem ser modulados ou codificados de muitas maneiras diferentes. Particularmente favorável é o uso de feixes de radar de frequência muito elevada, em especial na gama de frequência entre 1 GHz e 100 GHz, de preferência entre 50 GHz e 100 GHz. Isto conduz a conjuntos muito pequenos de antenas, com fortes efeitos direcionais mesmo com pequenas dimensões, desse modo abrindo a possibilidade, de montar uma variedade de transmissores e recetores de peso leve ou montar transmissores-recetores numa ponte de montagem, que por sua vez pode ter dimensões correspondentemente reduzidas, sendo portanto menos dispendioso que com sistemas convencionais de medição de posição ótica.

A invenção irá agora ser descrita com referência às formas de realização exemplificativas ilustradas nos desenhos anexos. Nos desenhos está ilustrado:

A Fig. 1 é esquematicamente um exemplo de um dispositivo de medição de posição na direção longitudinal da estrada.

A Fig. 2a mostra o dispositivo da Fig. 1 numa vista em planta superior;

a Fig. 2b mostra uma forma de realização alternativa do aparelho na vista em planta superior;

As Figs. 3 e 4 ilustram as relações geométricas durante a medição de uma superfície lateral (Fig. 3) ou superfície do topo (Fig. 4) de um veículo por meio de

dois exemplos de variantes do método da invenção;
As Figs. 5 e 6 as relações geométricas na medição de uma superfície lateral (Fig. 5) ou da superfície do topo (Fig. 6) de um veículo por meio de duas variantes exemplares adicionais segundo o método da invenção;
A Fig. 7 é um diagrama de temporização da forma de realização range-gating de acordo com o método da invenção; e a
Fig. 8 é um diagrama de temporização dos sinais recebidos no âmbito do método da invenção de acordo com as Figs. 5 e 6.

Nas figuras 1 e 2a é mostrado um dispositivo 1 para a medição da posição de um veículo 2 numa faixa de rodagem 3. O termo "posição" é compreendido aqui na sua forma mais geral e compreende uma, duas ou três das coordenadas x , y , z de um dos pontos P do veículo 2 ou uma das suas superfícies, por exemplo uma superfície de topo 4, uma superfície lateral 5, 6 ou uma extremidade frontal 7, 8, num sistema de coordenadas 9. O sistema de coordenadas 9 está de preferência numa posição relativa do dispositivo 1 relativamente à faixa de rodagem 3; no presente exemplo o nível 10 da faixa de rodagem 3 está localizado no plano x/z do sistema de coordenadas, e a direção longitudinal da faixa de rodagem estende-se na direção z e a direção transversal da faixa de rodagem na direção x ; a coordenada y define a altura de um ponto P acima do plano 10 da faixa de rodagem.

O dispositivo 1 compreende um transmissor de radar 11, o qual se encontra disposto numa posição de transmissão S acima do plano 10 da faixa de rodagem 3 e emite feixes de radar 12 para baixo, bem como uma pluralidade de recetores de radar 13, que se encontram dispostos em várias posições de receção E_1 , E_2 , ... no geral E_i , que se encontram igualmente dispostos acima do plano da faixa de rodagem 10 e recebem reflexos 14 de feixes de radar 12 a partir de baixo. O recetor de radar 13 converte os feixes de radar refletidos 14 cada um num sinal de receção

$R_1, R_2 \dots$, no geral R_i , (Fig. 7, 8) de modo a, poder transmitir através de uma linha 15 para um dispositivo de avaliação 16 para a avaliação; por meio da linha 15 o dispositivo de avaliação 16 está igualmente em ligação com o transmissor de radar 11 para o controlar.

Os recetores de radar 13 têm cada um relativamente ao transmissor de radar 11 e uns aos outros distâncias d_1, d_2 no geral d_i , isto é, estão distribuídos acima do plano 10. No exemplo mostrado o transmissor de radar 11 e todos os recetores de radar 13 estão montados numa ponte de montagem comum 17 a uma altura de montagem h comum, e montados num plano 18 sobre a faixa de rodagem 3. Os feixes de radar 12 e os feixes de radar refletidos 14 prolongam-se igualmente neste plano 18, o qual representa neste exemplo o plano de medição do dispositivo 1. O transmissor de radar 11 e o recetor de radar 13 poderiam também estar montados a alturas individuais, diferentes h_i , e/ou ter distâncias irregulares d_i , e/ou não se encontrarem num plano comum; esta última simplifica os cálculos trigonométricos.

Os planos de medição 18, no qual se encontram os feixes de radar 12, 14 também podem ser inclinados em relação ao eixo x e/ou girados em torno do eixo y , podendo também ter mais do que um plano de medição 18. A Fig. 2b mostra uma forma de realização com dois dispositivos 1, cujos planos de medição 18 são cada um paralelo ao plano y/z que se prolongam numa pista de rodagem 3', 3" da faixa de rodagem 3 para realizar medições de posições do veículo 2, e das suas superfícies frontais 7, 8 na direção longitudinal relativamente à faixa de rodagem 3.

O transmissor de radar 11 e o recetor de radar 13 podem ser de qualquer tipo conhecido na arte para a transmissão ou receção 12, 14 por ex. feixes de radar CW ou feixes de radar pulsados. O dispositivo de avaliação 16 pode conseqüentemente, realizar os métodos de interferência e/ou tempo de pulso nos feixes de radar 12, 14, para medir as distâncias relativamente aos pontos de medição P.

A forma de realização da Fig. 1 opera de acordo com o

princípio da detecção de uma sombra nos feixes 12 ou 14 devido a um objeto tal como o veículo 2 situado no plano de medição 18. O dispositivo de avaliação 16 avalia as intensidades de sinal, por exemplo as amplitudes ou intensidades de receção de sinal (indicações de intensidade do sinal recebido, RSSI) dos sinais de receção R_i dos diferentes recetores de radar 13 e compara-os uns p. ex. ou com os valores de limite predeterminado para determinar respetivamente o(s) recetor(es) de radar 13, o(s) qual (ais) recebe (m) sinal comparativamente mais fraco ou nenhum sinal R_i : Neste caso o veículo cobre 2 o caminho de propagação do transmissor de radar 11 para este recetor de radar 13.

Tendo em conta as posições de transmissão e receção S , E_i (Por exemplo, alturas de montagem h e as distâncias d_i), e os ângulos de transmissão α , através dos quais o transmissor de radar 11 transmite os seus feixes de radar 12, é possível encerrar aproximadamente a posição do veículo 2 no plano de medição 18. Quanto mais recetores de radar 13 forem fornecidos, ou seja quanto mais perto estes se encontrarem, mais exata será a determinação por meio de um ou mais recetores de radar 13 da posição a partir da área não ocupada pelo veículo 2.

A medição da posição pode ser melhorada, quando adicionalmente p. ex. com base em medições de interferência sobre feixes de radar CW ou medições de tempo sobre feixes de radar de pulso - a distância de uma superfície refletora do veículo 2, aqui por exemplo, a superfície do topo 4, é medida para um recetor de radar 13, a partir do qual as informações adicionais referentes às informações de estimativa podem ser verificadas e melhoradas de modo a determinar a posição do veículo 2, por exemplo através de um ponto P de referência das mesmas, para a localização mais precisa no plano de medição 18.

As Figs. 3 e 4 mostram uma alternativa à Fig. 1, ou adicionalmente utilizado do princípio de medição utilizado do dispositivo 1. Na forma de realização das Figs. 3 e 4 são utilizados feixes direcionais de radar 12, isto é o transmissor

de radar 11 transmite os seus sinais de radar numa direção principal de transmissão 19, que incide num ângulo β em relação à vertical 20 no plano de medição 18. Entende-se que os feixes de radar 12 não podem ser completamente precisos sendo confinados numa única direção, mas na prática que cada antena de radar possa ter uma característica direcional em forma lobular 21, em que o eixo central do lóbulo principal 21 do transmissor do radar 13 é considerado como direção de transmissão principal 19. O ângulo de abertura ou o ângulo de agregação do lobo de transmissão 21 depende da direcionalidade da antena do transmissor do radar 11, a qual é definida pelo chamado "ganho de antena", medido em dB. Por exemplo um transmissor de radar 11 com um ganho de antena de 20 dB atinge uma boa direcionalidade com um ângulo de abertura (metade do valor de largura) do feixe de transmissão 21, de uns poucos graus ou de uns poucos esterradianos. Quanto mais forte for a direcionalidade do transmissor de radar 11 ou seja quanto maior for o ganho de antena da sua antena, mais energia de radar se localiza na direção principal de transmissão 19 e mais precisa é a medição da posição descrita abaixo, porque mais recetor de radar 13 é utilizado d_1 em distâncias mais curtas.

Através da utilização de um transmissor de radar de modo semelhante 11 é possível agora no plano de medição 18 medir a posição substancialmente vertical dos lados ou superfícies frontais 5-8 (Fig. 3) ou uma superfície substancialmente horizontal do topo 4 (Fig. 4) do veículo 2.

O princípio de medição da Fig. 3 utilizado é o "Corner Effect" (efeito de "Olho de Gato Refletor") de uma reflexão secundária do feixe de radar 12 no plano 10 da faixa de rodagem 3, a partir do qual é formado um ângulo aproximadamente reto com a superfície vertical a ser medida por exemplo a parede lateral 5, 6 ou a parede frontal 7, 8. Tal como mostrado na Fig. 3, o feixe de radar refletido 14, abrange cada uma das posições x_1 , x_2 da parede lateral 6 do veículo 2 para a mesma direção principal de transmissão 19 para diferentes recetores de radar

13. Dependendo da posição x da superfície lateral 6 um outro recetor de radar 13 recebe desse modo o respetivo sinal de receção mais forte R_1 . Através da avaliação das intensidades de sinal dos sinais recebidos R_1 o recetor de radar 13 no dispositivo de avaliação 16 pode assim ser determinado aquele recetor de radar 13 que recebe o sinal de receção mais forte R_1 . A partir da posição de receção conhecida E_1 este recetor de radar 13 - e as outras medições geométricas conhecidas como a posição de transmissão S e o ângulo β - pode então ser determinada a posição, neste caso a coordenada x da face lateral 6 do veículo 2 no sistema de coordenadas 9. Isto requer apenas um cálculo trigonométrico simples das relações geométricas mostradas na Fig. 3 e requer uma avaliação dos tempos de pulso e ainda uma avaliação dos feixes de radar Doppler 12, 14. Entenda-se que o resultado da medição da posição pode ser adicionalmente melhorado a título opcional dos tempos e medições de distância nos feixes de radar 12, 14.

A Fig. 4 mostra o princípio ligeiramente modificado da medição de uma superfície horizontal, tal como a superfície do topo 4. Conforme visível pode ser visto sob o ângulo β na direção principal de transmissão 19 o feixe de radar emitido 12 em diferentes alturas y_1, y_2 da superfície do topo 4 do veículo 2 em diferentes recetores de radar 13, de modo que mais uma vez a partir da posição de receção E_1 aquele transmissor de radar 13 que obtém o sinal de radar mais forte R_1 , e os valores conhecidos da posição de transmissão S e o ângulo β seja possível por meio de cálculos trigonométricos calcular a posição, neste caso a coordenada y da superfície do topo 4 do veículo 2.

Nas formas de realização das Figs. 3 e 4, a seleção do respetivo sinal mais forte recebido R_1 e com isso o recetor de radar 13 mais afetado pelo feixe de radar feixe refletido 14 são respetivamente melhorados pelo recetor radar em que também o recetor de radar 13 está equipado com antenas direcionais, ou seja uma direção principal de receção 22, que corresponde

ao eixo de um lóbulo de recepção 23 de cada recetor de radar 13. Na forma de realização da Fig. 3 a direção principal de recepção 22, é aqui representada pelo ângulo γ com a vertical 20, definido paralelamente à direção principal de transmissão 19 ($\beta = \gamma$); e na forma de realização da Fig. 4 a direção principal de recepção 22 está disposta na vertical 20 numa relação de imagem em espelho relativamente à direção principal de transmissão 19 ($\gamma = -\beta$).

Conforme mostrado nas Figs. 3 e 4, pode ser utilizado para cada um dos transmissores-recetores 11, 13, igualmente um radar transceptor (Transceiver) 24. Por outras palavras nas posições de transmissão e recepção S, E_i está ordenado um respetivo transmissor-recetor 24, o qual pode seletivamente ser operado ora como um transmissor de radar 11 ora como um recetor de radar 13. A seleção do tipo operativo do respetivo transceptor 24 pode ser controlada em multiplex de tempo pelo dispositivo de avaliação 16, isto é este seleciona o momento em que um transceptor 24 funciona como um transmissor de radar 11 ou como um recetor de radar 13.

De preferência para um dado tempo apenas um respetivo transceptor 24 funciona como transmissor de radar 11 e todos os outros ativos como recetores de radar 13 (método multiplex de divisão de tempo, TDMA, Time Division Multiplex Access). No entanto tal não é obrigatório; vários transmissores de radar 11 podem também ser operados simultaneamente, por exemplo, em diferentes frequências (método multiplex; FDMA, Frequency Division Multiplex Access) ou através da utilização de diferentes códigos ortogonais ou modulações (método de código multiplex; CDMA, Code Division Multiple Access), de modo que o dispositivo 1 esteja definido como se fosse composto por vários "sub" dispositivos 1, ou seja respetivamente uma combinação de um transmissor de radar 11 e vários recetores de radar 13. Também pode ser visto que as posições S do transmissor do radar 11 e E_i do recetor de radar 13 são arbitrárias e intercambiáveis acima do plano 10 da faixa de rodagem 3 e cada

uma pode ser seletivamente medida numa ordem de medição desejada, ou seja pode ser escolhida a área desejada de pontos de medição no plano de medição 13.

As Figs. 5 e 6 mostram um outro princípio do dispositivo de medição 1 das Figs. 1 a 4, que pode ser alternativamente ou adicionalmente utilizado nos princípios de medição das Figs. 1 a 4. Nas Figs. 5 e 6 é utilizado um par - dos transdutores 24 montados - a partir de um transmissor de radar 11 e um recetor de radar 13, o qual é equipado com antenas direcionalmente controláveis: Tanto a direção principal de transmissão 19 do transmissor de radar 11 como a direção principal de receção 22 do recetor de radar 13 são controláveis, ou seja os seus ângulos β e γ no plano de medição 18 são alteráveis. As Figs. 5 e 6 mostram respetivamente duas posições angulares exemplares β_1 , β_2 e γ_1 e γ_2 das direções principais de transmissão e receção 19, 22.

Na Fig. 5 são usadas para medição de superfícies verticais 5-8 do veículo 2 as direções principais de transmissão e receção 19, 22 selecionadas em paralelo: para um primeiro tempo t_1 , é $\beta_1 = \gamma_1$, e para um segundo tempo t_2 é $\beta_2 = \gamma_2$. Na forma de realização da Fig. 6 para a medição da superfície horizontal 4 em relação à vertical 20 são utilizadas direções principais de transmissão e receção invertidamente semelhantes 19, 22, isto é num primeiro tempo t_1 é $\beta_1 = -\gamma_1$, e para um segundo tempo t_2 é $\beta_2 = -\gamma_2$. Entende-se que as direções principais de transmissão e receção 19, 22 do transmissor de radar 11 e do recetor de radar 13, podem também ser dirigidas para outros tempos t_3 , t_4 ..., no geral t_i ; por exemplo as direções principais de transmissão e receção 19, 22 podem ser articuladas numa área angular de forma contínua ou discreta.

Por meio da utilização de diferentes direções principais consecutivas de transmissão e receção 19, 22 ou ângulos β , γ podem desse modo ser "detetados" pontos de medição diferentes no plano de medição 18: Para cada posição angular β , γ ou direção principal de transmissão e receção 19, 22, das quais é recebido

o sinal de recepção mais forte R_i no recetor de radar 13, é evidente a ocorrência da reflexão na superfície 6 a ser medida (Fig. 5) ou 4 (Fig. 6). A partir da direção assim encontrada $19, 22$ ou β, γ é então possível tendo em conta as posições conhecidas de transmissão e recepção S, E_i do transmissor de radar 11 e recetor de radar 13 (neste caso: altura de montagem h e distância d_i) calcular em seguida as coordenadas x da parede lateral 6 (Fig. 5) ou as coordenadas y do topo 4 (Fig. 6) por meio de cálculos trigonométricos.

Para o controlo direcional do transmissor de radar e do recetor de radar 11, 13 podem por exemplo ser fornecidas antenas direcionais articuladas, mecanicamente com uma pluralidade permanentemente fixa e respetivamente antenas direcionais seleccionáveis opcionalmente, ou de preferência com antenas equipadas com controlo por fases (phased arrays), como é conhecido na arte, através de diferentes controlos de fases por uma variedade de direções de antenas em posições justapostas sobre a direção pretendida. O controlo da direção também é utilizado para determinar não apenas um único ponto desse plano, mas para determinar a posição de uma superfície inteira por um meio da articulação da direção do feixe da antena (por "scan").

Em vez da utilização de uma sequência de tempo de várias direções principais de transmissão e recepção $19, 22$ ou ângulos β, γ estes podem também ser utilizados simultaneamente, quando o transmissor de radar 11 e o recetor de radar 13 têm cada um uma pluralidade de antenas direcionais orientadas de forma diferente, tal como será discutido mais adiante com referência à Fig. 8.

Entende-se que as formas de realização das Figs. 3 e 4 por um lado e as das Figs. 5 e 6 por outro lado podem igualmente ser combinadas umas com as outras. Assim é por exemplo possível no caso dos transmissores e recetores de radar controláveis direccionalmente 11, 13 na forma de realização das Figs. 5, 6 adicionalmente em recetores de radar 13 para outras posições

de recepção E_i serem avaliados pelo dispositivo de avaliação 16 e cada recetor de radar 13, e a posição angular β , γ com o sinal de recepção mais forte R_i , ser utilizada para os cálculos trigonométricos. Isto permite que a área de medição (a "abertura") do dispositivo de medição das Figs. 5, 6 seja ampliada, p. ex. ao longo de toda a largura da faixa de rodagem 3 (Fig. 2a) ou numa secção mais amplamente longitudinal da faixa de rodagem (Fig. 2b). Contrariamente na forma de realização das Figs. 3, 4 estas direções β , γ podem variar adicionalmente, para obter com o mesmo número de recetores de radar 13 pontos de medição ou de referência suplementares no plano de medição 18.

A Fig. 7 mostra o princípio do "range gating" por meio de um intervalo de tempo 25 após cada pulso de transmissão T de um feixe de um radar de pulso 12. Nos intervalos de tempo 25 nos sinais recebidos R_i do recetor de radar 13 apenas os pulsos de recepção I_i são considerados; após o intervalo de tempo 25 ("tarde demais") no âmbito do subsequente bloqueio 26 do intervalo qualquer pulso recebido I_4 não será considerado, ou seja o dispositivo de avaliação 16 ignora por comparação de intensidade de sinal cada sinal recebido R_i do recetor de radar 13, referente a um pulso de recepção do lado de fora do intervalo de tempo 25 após o respetivo pulso de transmissão T associado. Analogamente para isso outros princípios de medição de tempo são utilizados, tais como pelo método FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) para o "range gating" aplicável, como é conhecido do especialista.

Isto permite que múltiplas reflexões dos feixes de radar 13, tal como elas ocorrem por exemplo sobre objetos de ambiente como a ponte de montagem 17 ou por exemplo, entre a placa do fundo 27 do veículo 2 e a faixa de rodagem 3 e conduzem a tempos mais longos de propagação de sinal, fiquem escondidos, de modo que apenas as reflexões principais sobre o veículo 2 (Fig. 1, 4, 6) ou reflexões primárias e secundárias sobre o veículo 2 (Fig. 3, 5) e a superfície da faixa de rodagem 3 sejam levadas em consideração na medição.

A Fig. 8 ilustra o sinal de receção R_i de um único recetor de radar 13 da forma de realização das Figs. 5, 6 em estádios consecutivos a, b, c, ... do método de medição, tendo cada um uma posição angular diferente β , γ das correspondentes direções principais de transmissão e receção 19, 22, em função do tempo t tal como pode ser visto, ocorrem em ângulos diferentes β_1 , Y_1 ; β_2 , Y_2 ; β_3 , Y_3 para sinais de receção diferentes R_1 , R_2 , R_3 com diferentes intensidades de sinal $RSSI_3$, $RSSI_2$, $RSSI_1$ - ou por feixes de radar de pulso com diferentes intensidades de receção de pulso I_3 , I_2 , I_1 . Através do registo dos sinais recebidos R_i ou pulsos I_i nos estádios consecutivos a, b, c comparando em seguida as intensidades de sinais $RSSI_i$ ou pulsos I_i é agora possível determinar cada posição angular β_i , Y_i , pela qual ocorre o sinal $RSSI_i$ mais forte. Por meio dele são achados novamente os ângulos β_i , Y_i , e com base nos referidos cálculos trigonométricos pode ser calculada a respetiva posição da superfície a ser medida 6 ou 4.

Nesta forma de realização em que o transmissor e o recetor de radar 11, 13, têm respetivamente, numa pluralidade de ângulos diferentes β_1 , Y_1 ; β_2 , Y_2 ; β_3 , Y_3 antenas direcionáveis direcionadas, de modo que as medições acima referidas das diferentes direções principais de transmissão e receção 19, 22 possam ser executadas simultaneamente, os diferentes sinais de receção indicados na Fig. 8 R_i determinam simultaneamente os sinais recebidos das diferentes antenas direcionais a), b), c)... do recetor de radar 13. Os sinais recebidos R_i não estão em estádios consecutivos, mas apenas recebem os resultados de saídas de diferentes antenas direcionais a), b), c)... num único recetor de radar 13.

Também nesta forma de realização e por meio da comparação de intensidade de sinal $RSSI_i$ ou pulso I_i é possível ser determinada cada antena direcional a), b), c)... do recetor de radar 13 e com isso cada posição angular Y_i ($Y_i = \beta_i$ na Fig. 5; $Y_i = -\beta_i$ na Fig. 6), através da qual passa o sinal mais forte $RSSI_i$. Por meio dele são achados novamente os ângulos β_i , Y_i ,

EP2804012B1

e com base nos referidos cálculos trigonométricos pode ser calculada novamente a respetiva posição da superfície a ser medida 6 ou 4. Esta variante pode também ser combinada com todas as variantes do método e dispositivo acima mencionadas.

Lisboa, 1 de Julho de 2015

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a medição da posição (P) da superfície (4-8) de um veículo (2) numa faixa de rodagem (3), compreendendo os seguintes passos:

- a) Transmissão de um primeiro feixe de radar (12) a partir de uma posição de transmissão (S) acima do plano (10) da faixa de rodagem (3) numa primeira direção principal de transmissão obliquamente inclinada para baixo (19), receção de um primeiro feixe de radar refletido (14) numa posição de receção (E_1) acima do plano (10) da faixa de rodagem (3) numa primeira direção principal de receção obliquamente inclinada para baixo (22) e conversão do primeiro feixe refletido de radar (14) num primeiro sinal de receção (R_1), em que a posição de transmissão (S) e a posição de receção (E_1) são espaçadas entre si e a primeira direção principal de transmissão (19) e a primeira direção principal de receção (22) se situam num plano comum (18);
- b) Transmissão de um segundo feixe de radar (12) a partir da posição de transmissão (S) num feixe obliquamente inclinado para baixo numa segunda direção principal de transmissão diferente da primeira (19), receção de um segundo feixe de radar refletido (14) na posição de receção (E_1) numa segunda direção principal de receção diagonalmente inclinada para baixo, e diferente da primeira (22) e conversão do referido segundo feixe de radar refletido (14), num segundo sinal de receção (R_1), em que a segunda direção principal de transmissão (19) e a segunda direção principal de receção (22) se situam no referido plano (18);
- c) Seleção do sinal de receção (R_1) com maior intensidade de sinal ($RSSI_1$); e
- d) Determinação da referida posição (P) a partir das posições de transmissão e receção (S, E_1) e das direções principais de transmissão e receção (19, 22) do sinal de

recepção (R_i) com maior intensidade de sinal ($RSSI_i$); em que os passos a) e b) são realizados sucessivamente ou simultaneamente no tempo.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** os feixes de radar (12, 14) serem feixes de radar CW ou feixes de radar FMCW.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** os feixes de radar (12, 14) conterem transmissão de pulsos (T) e os sinais de recepção (R_i) conterem pulsos de recepção (I_i), em que para a referida seleção apenas são levados em conta os sinais de recepção (R_i) dos pulsos de recepção (E_i) respetivamente num intervalo de tempo pré-determinado (25) após uma de transmissão de pulso (T).

4. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado por** cada direção principal de transmissão (19) e a respetiva direção principal de recepção associada (22) serem paralelas uma à outra, para realizar a medição da posição de uma superfície substancialmente vertical (5-8).

5. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado por** cada direção principal de transmissão (19) e a respetiva direção principal de recepção associada (22) possuírem uma relação na vertical (20) de imagens inclinadas em espelho, a fim de realizar a posição (P) de uma superfície substancialmente horizontal (4).

6. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado por** poderem ser utilizadas mais do que duas direções principais de transmissão e recepção (19, 22) diferentes, para obter mais de dois sinais de recepção (R_i), dos quais é selecionado o sinal de recepção (R_i) com maior intensidade de sinal ($RSSI_i$).

7. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado por** ser utilizada pelo menos uma posição adicional de recepção (E_i) para a recepção dos feixes de radar refletidos (14) nas referidas direções principais de recepção (22), de modo a obter sinais de recepção adicionais (R_i), em que de entre todos os sinais de recepção (R_i) e sinais de recepção adicionais (R_i) é escolhido o sinal de recepção (R_i) com maior intensidade de sinal ($RSSI_i$).

8. Método de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado por** a posição de recepção (E_i) e as posições de recepção adicionais (E_i) se encontrarem no referido plano comum (18).

9. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizado por** o referido plano (18) ser transversal à faixa de rodagem (3), de preferência por meio de uma ponte de montagem (17) disposta transversalmente à faixa de rodagem (3) na qual são montados o transmissor de radar (11) e o recetor de radar (13) para a transmissão e recepção dos feixes de radar.

10. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado por** as direções principais de transmissão e recepção (19, 22) poderem ser ajustadas por meio de sistemas de controlo de antenas por fase ou opção seletiva de antenas direcionáveis individuais (a, b, c).

11. Método de acordo com uma das reivindicações 3 a 10, **caracterizado por** serem realizadas medições do tempo de trânsito de pulso entre os pulsos de transmissão e recepção (T , I_i) e que permitem ser determinada a distância da superfície (4-8) para as posições de transmissão e recepção (S , E_i), para melhorar a medição de posição.

12. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, **caracterizado por** os feixes de radar (12, 14) serem feixes de

radar FMCW que permitem determinar a distância da superfície (4-8) para as posições de transmissão e receção (S, E) de acordo com o método FMCW de modo a melhorar a medição de posição.

13. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, **caracterizado por** os feixes de radar (12, 14) serem feixes de radar CW que permitem ser determinada a distância da superfície (4-8) para as posições de transmissão e receção (S, E) de acordo com o método de interferência de fase, de modo a melhorar a medição de posição.

14. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, **caracterizado por** os feixes de radar (12, 14) dos transmissores- recetores de radar (24) serem transmitidos e recebidos, respetivamente numa forma operativamente seletiva em código, tempo ou frequência multiplex ou como transmissor (11) ou recetor (13).

15. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 14, **caracterizado por** a frequência dos feixes de radar (12, 14) ser entre 1 GHz e 100 GHz, de preferência entre 50 GHz e 100 GHz.

Lisboa, 1 de Julho de 2015

RESUMO

MÉTODO PARA A MEDIÇÃO DA POSIÇÃO DA SUPERFÍCIE DE UM VEÍCULO

Método para a medição da posição (P) da superfície (4-8) de um veículo (2) numa faixa de rodagem (3), compreendendo os passos de: Transmitir e receber feixes de radar (12, 14) nas posições de transmissão e receção (S, Ei) em várias direções principais de transmissão e receção (19, 22) e conversão em sinais de receção (Ri); seleção dos sinais de receção (R i) com a máxima intensidade de sinal (RSSI i); e determinação da referida posição (P) das posições de transmissão e receção (S, E i) e das direções principais de transmissão e receção (19, 22) do sinal recebido (R i) com a máxima intensidade de sinal (RSSI i).

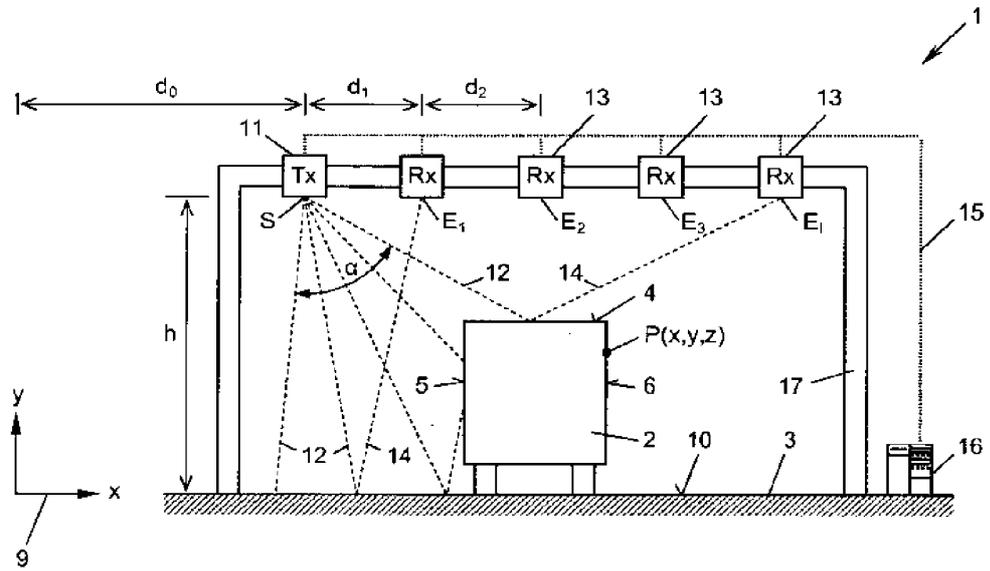


Fig. 1

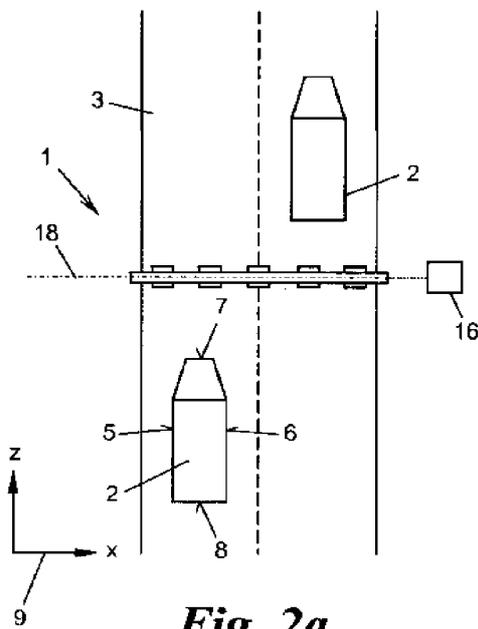


Fig. 2a

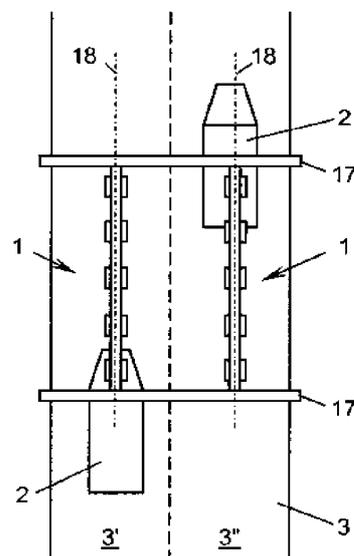


Fig. 2b

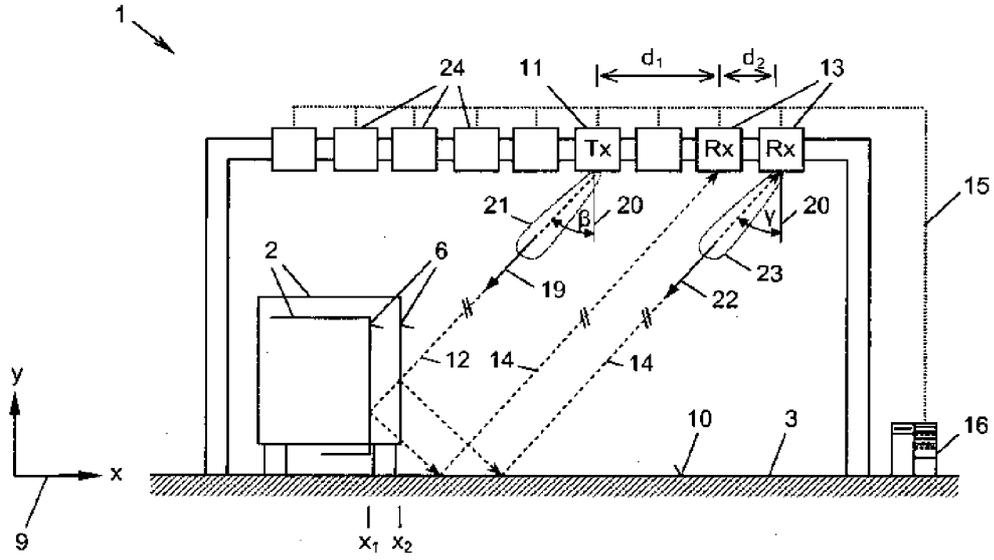


Fig. 3

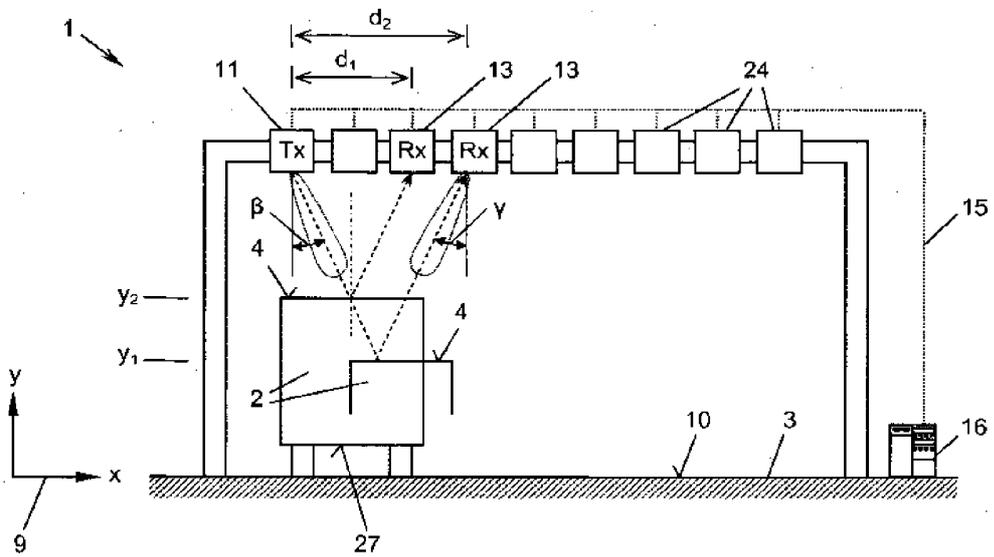


Fig. 4

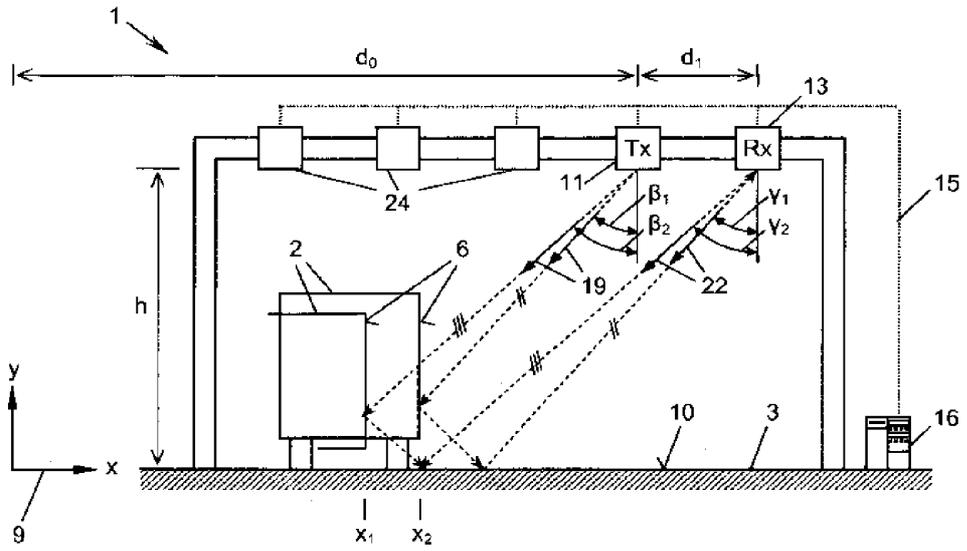


Fig. 5

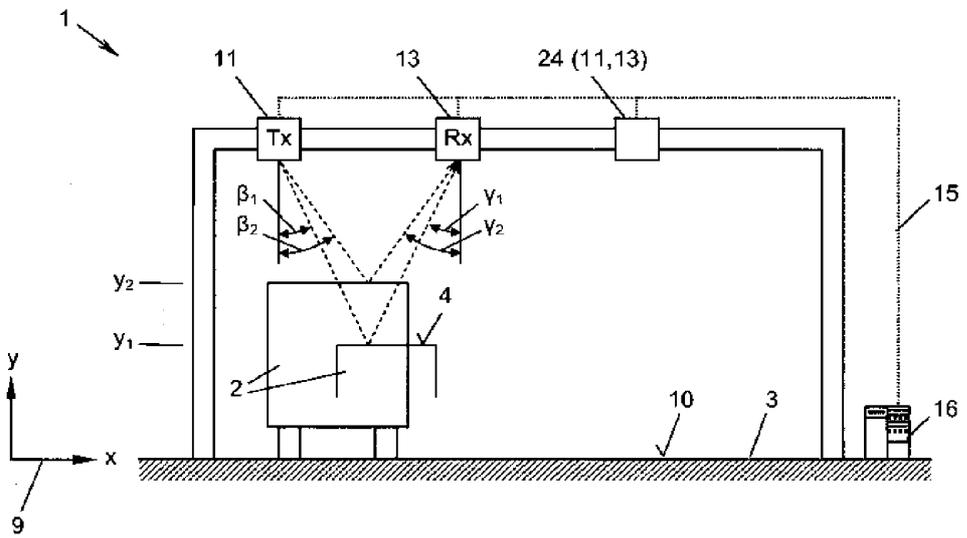


Fig. 6

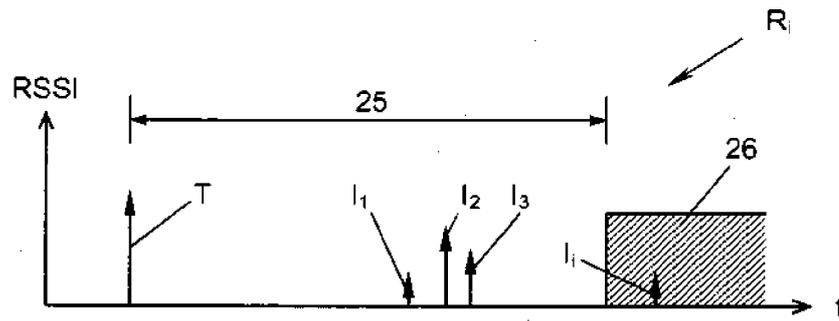


Fig. 7

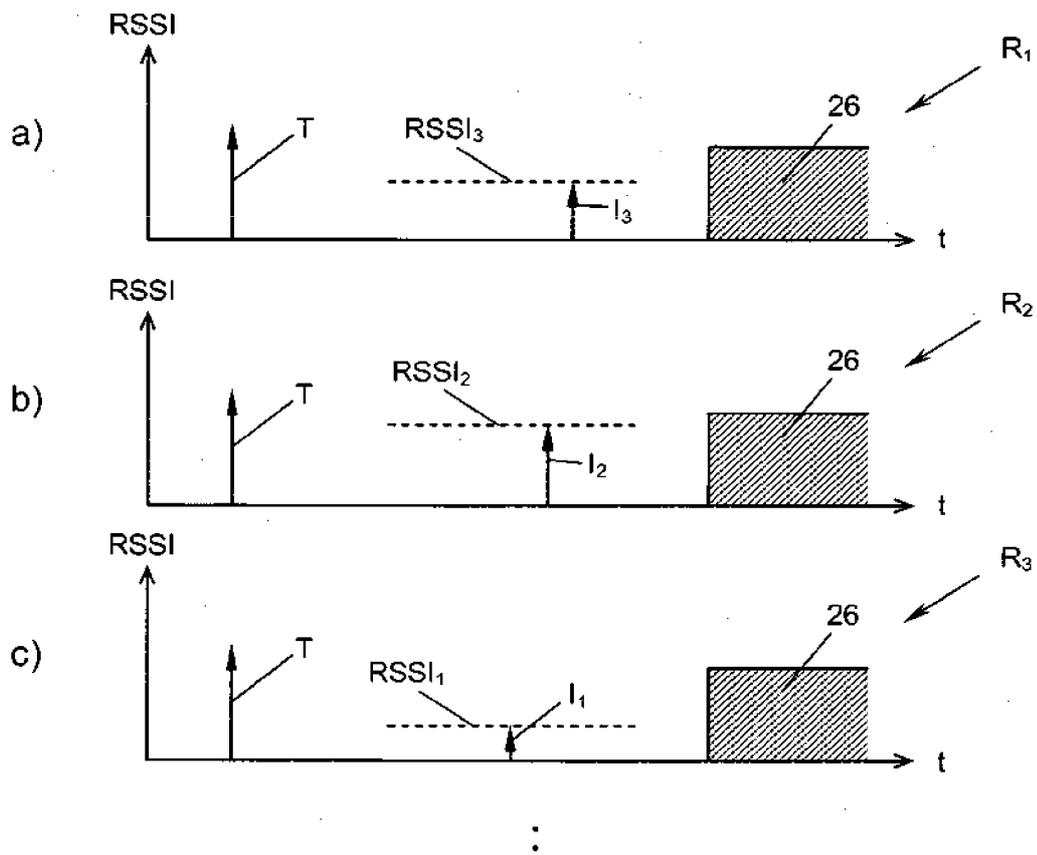


Fig. 8