

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2002.01.23	(73) Titular(es): CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE	
(30) Prioridade(s): 2001.01.29 IT RM20010045	PIAZZALE ALDO MORO, 7 00185 ROMA	IT
(43) Data de publicação do pedido: 2004.03.31	(72) Inventor(es):	
(45) Data e BPI da concessão: 2007.08.01	NICOLA ANCONA	IT
109/2007	GRAZIA CICIRELLI	IT
	ARCANGELO DISTANTE	IT
	GIOVANNI ATTOLICO	IT
	ANTONELLA BRANCA	IT
	(74) Mandatário:	
	JOSÉ EDUARDO LOPES VIEIRA DE SAMPAIO	
	R DO SALITRE 195 RC DTO 1250-199 LISBOA	PT

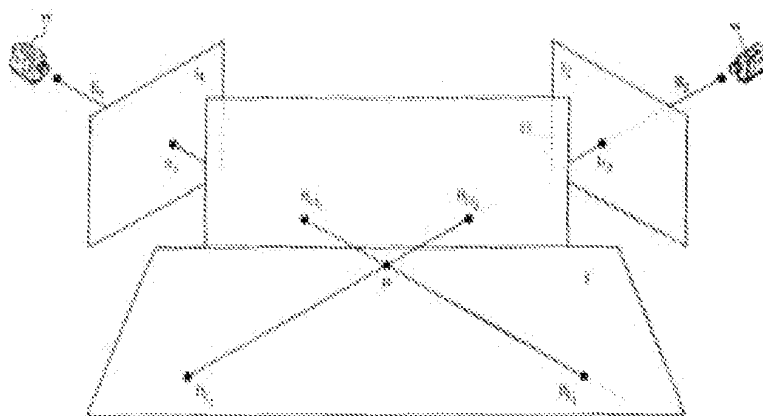
(54) Epígrafe: **SISTEMA E PROCESSO PARA A MEDIAÇÃO DA POSIÇÃO RELATIVA DE UM OBJECTO COM RESPEITO A UM PONTO DE REFERÊNCIA**

(57) Resumo:

RESUMO

SISTEMA E PROCESSO PARA A MEDIÇÃO DA POSIÇÃO RELATIVA DE UM OBJECTO COM RESPEITO A UM PONTO DE REFERÊNCIA

A presente invenção tem por objecto um sistema para medição da posição relativa de um objecto com respeito a um ponto de referência, que compreende um ou mais subsistemas de recolha de imagens e uma unidade de processamento das referidas imagens recolhidas preparada para analisar estas imagens por meio de técnicas de reconhecimento e localização.



DESCRIÇÃO

SISTEMA E PROCESSO PARA A MEDIÇÃO DA POSIÇÃO RELATIVA DE UM OBJECTO COM RESPEITO A UM PONTO DE REFERÊNCIA

A invenção refere-se a um sistema e a um processo para a medição da posição relativa de um objecto com respeito a um ponto de referência predeterminado.

A título de exemplo, uma aplicação do sistema e do processo de acordo com a invenção é o da medição da posição relativa de uma bola com respeito a uma linha específica de um campo de jogos.

Em vários desportos, um arbitro toma conhecimento de um acontecimento que depende da posição relativa da bola com respeito a uma linha específica do campo de jogos. ~~Ex.~~, no Futebol, um árbitro atribui uma pontuação a uma equipa só quando a bola atravessa a linha de jogo.

Contudo, o árbitro pode de maneira autónoma atribuir pontuação de golo apenas quando este último é evidente, e.g., devido a expansão da rede ou devido ao facto da bola permanecer no interior da baliza. Contudo, com muita frequência, a bola atravessa o plano de golo e, sem tocar na rede, sai imediatamente da baliza devido a um ressalto ocasional no relvado, um contacto com as balizas ou uma permissão do jogador.

Quando a velocidade da bola não é demasiadamente elevada (pode atingir os 120 Km/h), o arbitro, para decidir no caso em questão, pode ser auxiliado por assistentes, os quais contudo devem ter condições ideais de observação,

i.e., estarem posicionados na linha de golo com a baliza a vista. Caso contrário, tendo o árbitro decidido de uma maneira ou de outra, corre o risco de atribuição de um golo não existente (fantasma), ou não atribuir um golo realmente existente.

Para resolver este problema, vários sistemas conhecidos, todos com referência a mesma categoria, proporcionam a utilização de sensores, inseridos no interior da estrutura da baliza, que recebem um sinal de transmissores aplicados na bola quando esta atravessa a boca da baliza.

Contudo, este sistema acarreta a singular desvantagem de ser agressivo, exigindo a inserção de dispositivos electrónicos nas estruturas de jogo (balizas e bola). Daí, para utilizar em primeiro lugar uma modificação geral nos campos de jogo e a utilização de bolas específicas seria exigida a modificação geral dos campos de jogo e a utilização de bolas específicas. Estes dispositivos nem sempre são aplicáveis, uma vez que a modificação necessária das estruturas de jogo podem interferir com as leis do jogo.

Além disso, um sistema do tipo visual conhecido assenta, por outro lado, na observação do campo de jogos por câmaras posicionadas apropriadamente. Este sistema determina a posição da projecção vertical do centro da massa da bola no plano do campo do jogo, explorando a informação (conhecida a priori) das dimensões das suas várias áreas.

Contudo, este sistema acarreta a desvantagem de detectar exclusivamente a bola que atravessa uma determinada linha, não dando contudo a indicação sobre a altura da bola acima do terreno durante a sua travessia,

uma informação crucial para com confiança reivindicar que a bola atravessou o plano de golo.

Um primeiro sistema para determinação da posição de um objecto num espaço é conhecido do documento WO 00/72264. Este sistema proporciona a identificação do objecto em imagens por meio do chamado sistema de chave cromática que funciona por comparação de áreas de imagens com um limiar.

Outro sistema vem divulgado em EP 0662600. Neste caso, é proporcionado um sistema para determinação da posição espacial absoluta de um objecto.

No entanto, este sistema tem vários inconvenientes. Em particular, o sistema apenas é capaz de determinar a posição de um objecto que se move num único plano, numa direcção predeterminada.

Além disso, o reconhecimento do objecto nas imagens obtidas é conseguido pela simples comparação com limiares fixos, tornando o resultado dependente de condições ambientais.

O objecto da invenção é resolver os problemas acima citados da técnica conhecida e proporcionar um processo para a medição da posição relativa de um objecto com respeito a um ponto de referência, que compreende os seguintes passos:

recolha de uma multiplicidade de imagens, estando cada uma das referidas imagens em condições de mostrar o referido ponto de referência;

processamento de cada imagem da referida multiplicidade de imagens obtidas; e

computação da referida posição relativa do referido objecto com respeito ao referido ponto de referência,

caracterizado por o referido passo de processamento de cada imagem compreender também um passo de reconhecimento do referido objecto em cada uma das referidas imagens, sendo o referido passo de reconhecimento do referido objecto executado por um classificador.

A invenção proporciona também um sistema para medição da posição relativa de um objecto com respeito a um ponto de referência que compreende:

um ou mais subsistemas de recolha de imagens, estando cada subsistema preparado para obter uma multiplicidade de imagens, mostrando cada uma das referidas imagens o referido ponto de referência; e

uma unidade de processamento das referidas imagens obtidas, caracterizado por a referida unidade de processamento compreender um classificador para reconhecimento do referido objecto em cada uma das referidas imagens.

Daí, poder ser com vantagem proporcionado um campo de jogos que inclua este sistema. Por motivos de simplificação, será aqui feita referência a aplicação do sistema no caso do Futebol. Evidentemente, deve entender-se que o sistema e o processo descritos podem ser úteis em qualquer outra aplicação que tenha o mesmo problema técnico.

A principal vantagem do processo e do sistema de acordo com a invenção assenta no facto de não obrigarem a modificações em qualquer componente do campo de jogos ou na bola.

Uma segunda vantagem assenta na força e na fiabilidade da detecção do evento de marcação de golo. O referido processo integra uma medição geométrica da posição da bola no espaço a três dimensões (obtido por um sistema binocular) para uma abordagem qualitativa do evento observado (obtido com um sistema monocular) competindo assim com a actividade de um observador humano que goze das melhores condições de observação. A integração das medições proporcionadas pelos referidos sistemas assegura um elevado nível de precisão e uma probabilidade mínima de erro em qualquer situação, incluindo a de obstrução parcial da bola, e.g., por um ou mais jogadores.

Uma terceira vantagem assenta na precisão da informação sobre a posição do objecto com respeito ao ponto de referência, uma vez que o processo fornece as suas coordenadas tridimensionais.

Uma quarta vantagem assenta no facto de o sistema de acordo com a invenção utilizar, para a recolha de imagens, câmaras digitais de alta velocidade, cujo desempenho ultrapassa o das câmaras comuns, bem como o do olho humano.

Uma outra vantagem assenta no facto de o sistema de acordo com a invenção proporcionar um registo digital objectivo do próprio evento, obtido por meio de um posicionamento vantajoso das câmaras e a concomitante recolha da cena observada. Este registo permite rever subsequentemente a cena quando se quiser para validar o evento assinalado (golo/não golo) como acontece normalmente no caso de um visor digital com um tempo de resolução elevado e visão múltipla simultânea.

Outras vantagens, características e modos de operação da invenção tornar-se-ão evidentes a partir da descrição pormenorizada que segue de uma sua forma de realização

preferida, dada a título de exemplo não limitativo, fazendo referência às figuras dos desenhos anexos, nos quais:

a figura 1 é um diagrama de blocos de uma primeira forma de realização do sistema de acordo com a invenção;

a figura 2 é uma diagrama de blocos de um subsistema monocular de acordo com a invenção;

a figura 3 mostra, a título de exemplo, um posicionamento da câmara, e a imagem relacionada da cena observada por um subsistema monocular de acordo com a invenção;

as figuras 4a e 4b mostram algumas imagens de exemplos processados durante o passo de ensaio de uma Máquina de Vector de Suporte para classificação utilizada numa primeira forma de realização do subsistema monocular de acordo com a invenção;

as figuras 5a e 5b mostram algumas imagens de exemplos processados durante o passo de ensaio de uma rede neural utilizada numa segunda forma de realização do subsistema monocular de acordo com a invenção;

a figura 6 é um diagrama de blocos de um subsistema binocular de acordo com a invenção;

a figura 7 divulga a operação principal do subsistema binocular de acordo com a invenção;

a figura 8 mostra a título de exemplo o posicionamento das câmaras e das vistas da respectiva cena observada no caso de um sistema binocular de acordo com a invenção;

a figura 9 mostra a título de exemplo o posicionamento das câmaras e das vistas da respectiva cena observada do sistema da figura 1;

a figura 10 é um diagrama de blocos de uma segunda forma de realização do sistema de acordo com a invenção;

a figura 11 mostra a título de exemplo o posicionamento das câmaras com as vistas da sua cena observada no caso do sistema da figura 10;

a figura 12 é um diagrama de blocos de uma terceira forma de realização do sistema de acordo com a invenção;

a figura 13 mostra a título de exemplo o posicionamento das câmaras com as vistas da sua cena observada, no sistema da figura 12;

a figura 14 é um diagrama de blocos de uma quarta forma de realização do sistema de acordo com a invenção; e

a figura 15 mostra a título de exemplo o posicionamento das câmaras com as vistas da respectiva cena observada, no sistema da figura 14.

Com referência inicial a figura 1, uma primeira forma de realização do sistema de acordo com a invenção é apresentado.

De acordo com esta forma de realização, o sistema 1 compreende um ou mais subsistemas 2, 3 preparados para ao mesmo tempo recolher imagens da porção do campo de jogos em questão que compreende o ponto de referência escolhido, numa determinada área da baliza.

O subsistema 2 é do tipo monocular preparado para processar imagens recolhidas a partir de uma única posição, enquanto que o subsistema 3 é do tipo binocular, preparado para processar pares de imagens recolhidas de duas posições diferentes. A operação dos dois tipos de subsistemas será pormenorizada mais tarde.

O subsistema 2 monocular e o subsistema 3 binocular são independentes entre si, estando cada um preparado para fornecer dados de informação relativos a posição da bola quando esta entra no respectivo campo visual.

Estes dados são enviados para uma unidade 4 de processamento para os comparar entre si e processar um resultado 5 final.

A seguir, a figura 2 é um diagrama de blocos que divulga um subsistema 2 do tipo monocular.

O subsistema 2 compreende um transdutor 11 de imagem, e.g., uma câmara. Esta câmara 11 deverá ser escolhida entre as que permitem recolher o maior número possível de imagens por segundo, de maneira a minimizar a translação Δs da bola entre duas imagens sucessivas. De facto, a câmara pode detectar com precisão a marcação de golo apenas quando a bola tenha atravessado a linha de golo numa distância, pelo menos, igual a $\Delta s/2$.

A título de exemplo, utilizando uma câmara do tipo "Área de Pesquisa Progressiva Dalsa Motion® Vision" e, em particular, um modelo CA-D6 0512 permitindo a recolha de 262 imagens/seg com uma revolução de 536x516 píxels para uma velocidade hipotética da bola de 120 Km/hora, o subsistema 2 pode detectar com toda a certeza o golo marcado quando a bola tenha atravessado a linha de golo em 6,5 cm.

O formato dos dados obtidos pela câmara é digital e esta de acordo com a norma EIA-644, e . , está preparado para fazer interface com outros aparelhos electrónicos para a guarda e processamento das imagens recolhidas. Em particular, meios 12 de armazenamento de alta velocidade, baseados, e.g., na tecnologia Ultra 2 SCSI com discos de

10000 rpm (Seagate ®), são proporcionados. Assim, todas as imagens recolhidas são armazenadas numa base 13 de dados.

As imagens recolhidas são processadas por meios 14 de tratamento específicos. Estes meios 14 compreendem sistemas dedicados, como, e.g.:

DATAcube MAXPCIO, com base numa arquitectura constituída por vários componentes (dispositivo de convolução, ALU, Warper, etc.), permitindo executar um passo de convolução 8x8 numa imagem de 512x512x8 bit em 7 ms;

MATROX GENESYS®, com base numa arquitectura de processador múltiplo TI C80 DSP, proporcionando até três processadores por cada cartão até um máximo de seis cartões com desempenhos de 100 Bops; ou

ALACRON FANTISMAGEO, com base num processador múltiplo PCI (até oito) arquitectura TRIMEDIA 1x100 (Philips Semicondutor) permitindo desempenhos de 500 Mflop. São necessárias arquitecturas semelhantes devido a considerável quantidade de processamento necessária para obtenção em tempo real do resultado.

A figura 3 mostra um posicionamento preferido para uma câmara A com respeito ao campo 100 de jogos durante a utilização de um subsistema 2 monocular e a sua imagem Va obtida pela câmara A.

De acordo com esta primeira forma de realização do sistema 1, o subsistema 2 monocular compreende uma câmara A posicionada com o eixo óptico ficando no plano da linha de baliza na direcção da baliza, preparada para detectar de maneira autónoma a situação de marcação de golo representada pela bola atravessando o plano da baliza.

Evidentemente, podem ser concretizados outros posicionamentos para se atingirem melhores desempenhos do sistema.

A utilização de um subsistema 2 monocular como o que até aqui foi descrito permite implementar um processo de tipo qualitativo para detecção da situação de golo de acordo com a informação visual obtida por uma câmara sem medição, com referência apenas a posição da bola observada em cada imagem de vários pontos fixos de referência. Neste contexto, as últimas são proporcionadas pela estrutura da baliza. Dai, meios de hardware e software implementarem um primeiro sistema de tomada de decisão de tipo qualitativo. Este último, após ter transmitido uma imagem, transmite em tempo real um sinal indicando se a imagem corresponde a situação considerada.

De acordo com uma primeira forma de realização do subsistema 2, o processamento das imagens recolhidas compreende dois passos essenciais:

Reconhecimento da bola na imagem; e

Localização da bola em relação a pontos de referência predeterminados.

O reconhecimento do objecto bola pode ser obtido por tecnologias de reconhecimento de objectos com base na análise do contorno ou da área.

Estas metodologias são bem conhecidas dos especialistas na técnica, daí que seja omitida uma mais profunda pormenorização das referidas metodologias. Em particular, de acordo com a primeira forma de realização do subsistema monocular, foi utilizada uma técnica de reconhecimento com base num exemplo conhecido chamado SVM (Çupport Vector Machine - Máquina de Suporte de Vector).

A seguir, as figuras 4a e 4b mostram grupos de imagens, a título de exemplo, utilizadas para este fim.

O passo de reconhecimento da bola é realizado de maneira a resolver vários problemas, que podem ser encontrados numa aplicação semelhante.

Em particular, as dificuldades relacionadas com as condições ambientais (intensidade e direcção de iluminação da área de tomada de vista; presença de sombras), para a dificuldade de distinção da bola no solo da cena colhida e para as medições de "falsos positivos" e/ou de "falsos negativos" são tomadas em conta e ultrapassadas.

Estes problemas são atacados e resolvidos por um processamento de cada imagem obtida, executado substancialmente levando a cabo procedimentos do tipo software destinados a:

redução da área de pesquisa do objecto em cada imagem;
e

extracção de informação de identificação do objecto, útil para a sua detecção e localização na imagem.

Para resolver os problemas atrás citados, e proporcionado um módulo de processamento agindo na análise dos tons de cinzento, na correlação entre imagens consecutivas e numa colocação de janela a volta da posição da imagem anterior.

O processo de acordo com a invenção proporciona um passo de ensaio com exemplos destinados a implementação de um classificador, e.g., do tipo de duas classes (bola/não bola), preparados para catalogar cada ~~imagem~~ numa das duas classes com o menor erro possível.

Este passo de ensaio é constituído pelos seguintes passos:

aquisição de uma multiplicidade de imagens a título de exemplo, exemplos negativos e exemplos positivos do objecto bola a serem delas extraídos;

processamento de cada exemplo extraído, consistindo numa equalização de histograma, fazendo a quantificação do seu nível de cinzento e colocando uma máscara para eliminar os efeitos de margem; e

treino do classificador por uma técnica do tipo SVM.

Daí, o método de detecção do acontecimento considerado proporcionar:

a recolha continuada de imagens da área da baliza;

para cada imagem colhida, a extracção de todas as subimagens viáveis com dimensões iguais as dos exemplos utilizados durante o passo de treino de reconhecimento da bola por SVM;

quando uma subimagem se refere a bola, a sua posição na imagem relativamente a da trave da baliza (conhecida a priori) é utilizada para decidir se ocorreu uma situação de golo marcado.

De acordo com uma segunda forma de realização do subsistema 2 monocular, o processamento das imagens recolhidas proporciona um passo de ensaio destinado à implementação de um classificador, em particular, do tipo de duas classes, preparado para catalogar com um menor erro possível cada imagem numa das duas classes golo/não golo.

Com respeito à forma de realização anterior, o classificador proporciona directamente o resultado final,

i.e., uma decisão sobre a ocorrência do evento considerado (golo/não golo).

O passo de ensaio compreende as fases seguintes:

recolha de uma multiplicidade de imagens, exemplo positivo e negativo do conceito de marcação de golo a ser dela extraída como se mostra nas figuras 5a e 5b seguintes;

processamento de cada exemplo obtido, que consiste na equalização do histograma e a subsequente quantificação dos seus níveis de cinzento; e

treino do classificador por uma técnica com base na rede neural.

Neste caso, o processo de detecção de uma marcação de golo proporciona:

a recolha contínua de imagens da área de baliza;

para cada imagem recebida, a extracção de todas as imagens viáveis com dimensões e tipologia semelhante as dos exemplos utilizados durante a fase de treino;

cada subimagem é processada como anteriormente descrito e é classificada como golo/não golo pela rede neural.

A rede neural utilizada tem três níveis: um primeiro nível de entrada, um segundo nível intermédio e um terceiro nível de saída.

O número de nodos dos níveis é determinado de acordo com a dimensão do problema em causa. O primeiro nível tem um número de nodos, definidos pela dimensão das subimagens de entrada, enquanto que o nível de saída tem um único nodo, uma vez que o problema exige uma resposta tipo binária (golo/não golo).

Os princípios de funcionamento de uma rede neural são bem conhecidos dos especialistas da técnica, não sendo por isso, a seguir, dados em pormenor.

As figuras 5a e 5b mostram alguns grupos de subimagens, utilizadas, respectivamente, como exemplos positivo e negativo da marcação de golo durante o passo de ensaio do sistema de tomada de decisão. Estes exemplos são constituídos substancialmente por imagens reais revelando uma vista lateral do golo com a bola em todas as posições possíveis e com condições de visibilidade diferentes.

Durante o passo de ensaio, o classificador da rede neural aprende a reconhecer a ocorrência de uma marcação de golo de acordo com a informação proporcionada pelas imagens dadas a título de exemplo.

Cada imagem recolhida é processada pelo sistema de tomada de decisão, que fornece uma resposta sobre a real detecção de uma marcação de golo.

Os grupos de imagens empregados durante o ensaio de exercício do classificador deverão abranger a maior parte das situações reais que possam ocorrer, assegurando assim um correcto funcionamento do sistema e respostas confiáveis mesmo em condições inferiores às desejáveis, e.g., de visibilidade.

Evidentemente, as técnicas de classificação (SVM e rede neural) adoptadas nas duas formas de realização diferentes acima descritas do subsistema 2 monocular podem ser utilizadas indiferentemente nos dois casos, sem por isso alterar o princípio de funcionamento geral do sistema. 1 para reconhecimento da bola, também pode ser utilizado um classificador com base na rede neural ou um

classificador do tipo SVM para identificação de uma situação de marcação de golo.

Contudo, as técnicas de classificação acima descritas não são as únicas que podem ser utilizadas no ataque ao problema em causa. Na realidade, qualquer classificador de duas classes com base numa técnica baseada num exemplo conhecido pode ser utilizada em ambas as formas de realização do subsistema 2 monocular de acordo com a invenção.

A figura 6 é um diagrama de blocos de um subsistema 3 binocular.

Um par de transdutores 11 de imagem, e.g., câmaras de alta velocidade do tipo atrás mencionado, recolhe imagens da área do campo de jogos em causa.

Estas imagens são guardadas por meios 12' apropriados num ficheiro 13' e processadas por um computador 14'.

Estes meios de processamento são idênticos aos descritos até agora em ligação com os sistemas monoculares e portanto não serão pormenorizados a seguir.

Com referência a figura 7, o subsistema 3 binocular é baseado na medição da posição tridimensional do centro da massa B da bola considerado como ponto de intersecção das linhas (R_i) geradas pelas câmaras 11 recolhendo a área de pontos de vista diferentes:

$$B = R_1 \times R_2$$

Para cada ponto de vista considerado, é gerada uma linha de vista R_i pelo centro óptico da câmara, intersectando o centro B de massa da bola no espaço

tridimensional e o centro b_i da projecção da bola no plano I_i da imagem.

Para cada câmara, a linha de vista que intersecta o centro da bola é determinada pelas suas duas intersecções com o plano de baliza Π e com o plano $\mathbb{F}$ do campo de jogos, Estas intersecções são avaliadas a partir da posição da bola no plano da imagem e a partir da informação conhecida a priori da posição espacial das balizas e das linhas que delimitam a área de golo.

Em particular, cada linha de vista é processada como a seguir se indica:

avaliação de uma primeira transformação $H_{\mathbb{F}_i}$ projectiva entre um primeiro plano tridimensional conhecido, e.g., o plano do campo $\mathbb{F}$, e a sua projecção no plano I_i de imagem (homografia H), das correspondências dos quatro pontos $(P_j)_{j=1..4}$ das quatro linhas de campo $(L_j)_{j=1..4}$ ortogonais que delimitam a área de baliza, cujas posições no espaço Euclideano são conhecidas a priori, e as respectivas projecções $(P_j)_{j=1..4}$ na imagem I_j ;

avaliação de uma segunda transformação $H_{\Pi i}$ projectiva entre um segundo plano tridimensional conhecido, e.g., o plano Π da baliza, e a sua projecção no plano de imagem I_i (homografia H_{Π}), a partir das correspondências dos quatro pontos $(Q_j)_{j=1..4}$ de intersecção das duas linhas verticais, sobre as quais as arestas exteriores das duas traves da baliza assentam, até a linha de baliza e a linha horizontal, sobre a qual a aresta exterior da barra transversal assenta, e as respectivas projecções $(P_j)_{j=1..4}$ na imagem I_i ;

avaliação da projecção B_{Vi} do centro da massa B da bola no plano π de jogo que projecta a sua imagem b_i com a homografia H_{Vi} :

$$B_{Vi} = H_{Vi} b_i;$$

avaliação da projecção $B_{\pi i}$ do centro da massa da bola B no plano π de golo que se projecta na sua imagem b_i com a homografia $H_{\pi i}$:

$$B_{\pi i} = H_{\pi i} b_i;$$

avaliação da linha R_i de vista a partir dos seus dois pontos de intersecção com o campo B_{Vi} de jogos e o plano no qual a baliza $B_{\pi i}$ se encontra:

$$R_i = B_{Vi} \times B_{\pi i}.$$

O subsistema binocular exige a informação de entrada seguinte:

duas imagens (I_1, I_2) referentes a duas vistas diferentes obtidas por duas câmaras não calibradas;

as coordenadas em qualquer plano de imagem, do centro b_i da bola, avaliadas por meio da técnica baseada em exemplos experimentados com a utilização do algoritmo SVM também utilizado no sistema monocular. Em alternativa, qualquer técnica de reconhecimento conhecida poderá ser adoptada;

as intersecções (p_{ij}) do campo das linhas que delimitam a área de baliza em qualquer plano de imagem;

as intersecções (q_{ij}) das linhas que delimitam a baliza em qualquer plano de imagem;

as intersecções (P_i) das linhas do campo de jogos que delimitam a área de baliza no plano $\mathbb{R}$ Euclidiano do campo de jogos; e

as intersecções (Q_j) das linhas que delimitam a estrutura de baliza no espaço Euclidiano tridimensional.

A figura 8 é uma planta de topo do campo de jogos mostrando um posicionamento vantajoso das duas câmaras B, C do subsistema 3 binocular perto do golo preparadas para minimizar o erro na avaliação da distância da bola ao plano de baliza. As câmaras recolhem imagens semelhantes as indicadas por V_b e V_c da figura.

A figura 9 mostra o sistema 1 de acordo com a primeira forma de realização divulgada, proporcionando a utilização combinada de um subsistema 2 monocular (câmara A) e de um subsistema 3 binocular (câmaras B e C) e as respectivas imagens V_a , V_b e V_c obtidas.

Neste caso, também podem ser proporcionadas outras posições para um melhor ajustamento do funcionamento do sistema à aplicação específica.

O subsistema 3 binocular pode detectar de uma forma autónoma a condição de golo marcado, entendida como o atravessamento da linha de golo pela bola, através de um segundo sistema de tomada de decisão do tipo métrico, sistema de tomada de decisão que utiliza a medição do posicionamento tridimensional, ainda falando de uma maneira geral, não podendo proporcionar uma sua confirmação por avaliação visual.

O subsistema 2 monocular pode, de uma maneira autónoma, determinar apenas a posição da bola relativamente ao plano de baliza, proporcionando uma confirmação objectiva de golo na gravação correspondente. De facto, sem vistas

adicionais, uma bola que tenha atravessado a linha de baliza ficando ainda fora da baliza pode parecer como estando dentro da baliza.

De acordo com uma primeira forma de realização, o sistema 1 integra os dois subsistemas, ultrapassando as limitações de cada um deles quando utilizados individualmente.

Como o subsistema 2 monocular apenas permite determinar a posição da bola relativamente ao plano de baliza, a adição de vistas do subsistema 3 monocular permite reconhecer também os atravessamentos da linha de golo que tenham lugar fora da baliza.

A adição do subsistema monocular ao subsistema binocular, além de aumentar a fiabilidade da detecção automática do evento, permite também uma sua confirmação visual vantajosa.

Os sistemas binocular 3 e monocular 2 obtêm independentemente o atravessamento da linha de golo. A redundância das soluções obtidas pelos dois subsistemas aumenta a fiabilidade da detecção automática do evento de marcação de golo. A integração dos resultados proporcionados pelos dois subsistemas até agora descritos permite obter uma única avaliação do evento com o maior nível de certeza disponível.

Fazendo referência a figura 10, é apresentada uma segunda forma de realização do sistema de acordo com a invenção. De acordo com esta forma de realização, o sistema i compreende dois subsistemas 2, 2' monoculares do tipo atrás descrito.

A seguir, a figura 11 é uma planta do campo 100 de jogos, no qual as câmaras A e D dos subsistemas 2 e 2'

monoculares são posicionadas. As câmaras A e D recolhem imagens semelhantes as apresentadas nas imagens Va e Vd, respectivamente.

Em particular, a câmara D é posicionada com o eixo óptico perpendicular ao plano de baliza e passando pelo respectivo centro.

O processamento das imagens recolhidas pela câmara D consiste em destacar a bola na imagem no interior da estrutura de baliza.

O passo é implementado utilizando um classificador do tipo SVM, referindo a posição da bola em relação aos postes e a barra transversal da baliza.

Então, esta informação é integrada na informação fornecida pelo subsistema 2 monocular, i.e., na informação da posição da bola relativamente ao plano de golo, permitindo a detecção qualitativa do atravessamento pela bola da linha de golo.

A figura 12 mostra uma terceira forma de realização do sistema 1 de acordo com a invenção. De acordo com esta terceira forma de realização da invenção, o sistema 1 compreende três subsistemas 2, 2' e 2'' monoculares.

Neste caso, o sistema 1 proporciona uma informação redundante, mas contudo a redundância aumenta a fiabilidade das medições do evento de marcação de golo.

A seguir, a figura 13 mostra uma planta do campo 100 de jogos e um posicionamento preferido das três câmaras A, E e D relacionadas com os três subsistemas monoculares. As vistas Va, Ve e Vd são exemplos de imagens obtidas pelas três câmaras.

A utilização de informação redundante é vantajosa para a resolução dos casos de obstrução da bola relativamente a uma das duas câmaras A e E simétricas.

As figuras 14 e 15 mostram uma quarta forma de realização do sistema 1 que compreende dois subsistemas 3, 3' binoculares do tipo atrás descrito.

Neste caso, quatro câmaras B, C, F e G são posicionadas no campo 100 de jogos de maneira a proporcionar imagens respectivas idênticas às das vistas Vb, Vc, Vf e Vg. A utilização combinada das quatro câmaras e o processamento das imagens obtidas aumenta a fiabilidade da detecção do evento de marcação de golo e reduz os casos de não detecção, causados, e.g., pela obstrução de bola.

A invenção tem até agora sido descrita de acordo com as suas formas de realização preferidas dadas como exemplos não limitativos. Deve entender-se que podem ser proporcionadas outras formas de realização, todas construídas contudo dentro do seu âmbito de protecção como definido nas reivindicações anexas.

Lisboa, 16 de Outubro de 2007

REIVINDICAÇÕES

- i. Processo para medição da posição relativa de um objecto com respeito a um ponto de referência, que compreende os passos seguintes:

recolha de uma multiplicidade de imagens estando cada uma das referidas imagens preparada para mostrar o referido ponto de referência;

processamento de cada imagem da referida multiplicidade de imagens recolhidas; e

tratamento por computador da referida posição relativa do referido objecto com respeito ao referido ponto de referência;

caracterizado por o referido passo de processamento de cada imagem compreender também um passo de reconhecimento do referido objecto no interior de cada uma das referidas imagens, sendo o referido passo de reconhecimento do referido objecto executado por um classificador.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido passo de reconhecimento do referido objecto compreender um passo de processamento de cada uma das referidas imagens.
3. Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o referido passo de processamento compreender os passos de:

análise dos níveis de cinzento de cada uma das referidas imagens;

colocação de uma janela em cada uma das referidas imagens preparada para reduzir a área de pesquisa do referido objecto;

retirada da informação de identificação do referido objecto.

4. Processo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por o referido passo de retirada da referida informação de identificação ser executado por técnicas com base na análise de contorno ou de área.
5. Processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 4, caracterizado por o referido classificador se basear em técnicas do tipo SVM.
6. Processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 4, caracterizado por o referido classificador se basear na rede neural.
7. Processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 6, caracterizado por o referido passo de tratamento por computador da referida posição relativa do referido objecto com respeito ao referido ponto de referência ser executado por um primeiro sistema de tomada de decisão do tipo qualitativo.
8. Processo de acordo com qualquer das reivindicações I a 7, caracterizado por compreender também um passo de ensaio com exemplos, preparados para a construção do referido classificador.

9. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por o referido passo de ensaio com exemplos compreender os seguintes passos:

recolha de uma multiplicidade de imagens tiradas como exemplo;

equalização de histograma de cada uma das referidas imagens tiradas como exemplo;

quantificação dos níveis de cinzento de cada uma das referidas imagens tiradas como exemplo; e

fornecimento de cada uma das referidas imagens tiradas como exemplo ao referido classificador.

10. Processo de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por cada imagem da referida multiplicidade de imagens tiradas como exemplo ser um exemplo do referido objecto.

11. Processo de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por cada imagem da referida multiplicidade de imagens tiradas como exemplo ser um exemplo do referido objecto com respeito ao referido ponto de referência.

12. Processo de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por compreender também um passo de medição da posição tridimensional do centro da massa do referido objecto com respeito ao referido ponto de referência.

13. Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por o referido passo de medição compreender um passo de tratamento por computador

do ponto de intersecção das linhas de vista obtido por dois pontos de observação.

14. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por, por cada um dos referidos pontos de observação, o tratamento por computador da referida linha de vista compreender os seguintes passos:

avaliação de uma primeira transformação (H_{v1}) projectiva entre um primeiro plano (Π) tridimensional conhecido e a sua projecção no plano de imagem (I_i);

avaliação de uma segunda transformação ($H_{\pi i}$) projectiva entre um segundo plano (Π) tridimensional conhecido e a projecção deste no plano (I_i) de imagem;

avaliação de uma primeira projecção (P_{v1}) do centro (B) de massa do referido objecto a partir do referido plano (I_i) de imagem para o referido plano tridimensional por intermédio da primeira transformação ($H_{\pi i}$) projectiva;

avaliação de uma segunda projecção ($P_{\pi i}$) do centro (B) de massa do referido objecto a partir do referido plano (I_i) de imagem para o referido plano (Π) tridimensional por intermédio da segunda transformação ($H_{\pi i}$) projectiva;

avaliação da referida linha de vista a partir dos pontos de intersecção respectivos com o plano (Π) e o plano (Π).

15. Processo de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o referido passo de

cálculo da referida posição relativa do referido objecto com respeito ao referido ponto de referência ser executado por um segundo sistema de tomada de decisão do tipo métrico.

16. Processo de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por compreender também um passo que consiste na memorização de cada uma das referidas imagens recolhidas.

17. Sistema de medição da posição relativa de um objecto com respeito a um ponto de referência, compreendendo:

um ou vários subsistemas (2, 2', 2'', 3, 3') de recolha de imagens, estando cada um dos subsistemas preparado para a recolha de uma multiplicidade de imagens, visualizando cada uma das referidas imagens o ponto de referência; e

uma unidade (4) para processamento das referidas imagens recolhidas,

caracterizado por a referida unidade (4) de processamento incluir um classificador para reconhecer o referido objecto no interior de cada uma das referidas imagens.

18. Sistema de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por, pelo menos, um dos referidos subsistemas ou vários dos referidos subsistemas de recolha de imagens serem um subsistema (2, 2', 2'') do tipo monocular.

19. Sistema de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por cada um dos referidos

subsistemas (2, 2', 2'') monoculares compreender um único transdutor (11) de imagem.

20. Sistema de acordo com qualquer das reivindicações 17 a 19, caracterizado por, pelo menos, um dos referidos subsistemas ou vários dos referidos subsistemas de recolha de uma ou mais das referidas imagens ser um sistema (3, 3') do tipo binocular.
21. Sistema de acordo com a reivindicação 20, caracterizado por cada subsistema (3, 3') do tipo binocular compreender dois transdutores (11) de imagens,
22. Sistema de acordo com qualquer das reivindicações 19 a 21, caracterizado por cada um dos referidos transdutores de imagens ser uma câmara (11).
23. Sistema de acordo com a reivindicação 22, caracterizado por cada câmara estar preparada para recolher, pelo menos, 262 imagens/seg, com uma resolução de, pelo menos, 512 x 512 píxels.
24. Sistema de acordo com qualquer das reivindicações 17 a 23, caracterizado por compreender também meios (12, 13; 12', 13') para memorizar as referidas imagens recolhidas.
25. Sistema de acordo com qualquer das reivindicações 17 a 24, caracterizado por cada um dos subsistemas (2, 2', 2'', 3, 3') de recolha de imagens incluir também meios (14, 14') de cálculo preparados para calcular a referida posição relativa do referido objecto com respeito ao referido ponto de referência.

26. Sistema de acordo com qualquer das reivindicações 17 a 25, caracterizado por estar preparado para executar um processo de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 16.
27. Campo (100) de jogos, caracterizado por compreender um sistema de medição da posição relativa de um objecto com respeito a um ponto de referência de acordo com qualquer das reivindicações 17 a 26.

Lisboa, 16 de Outubro de 2007

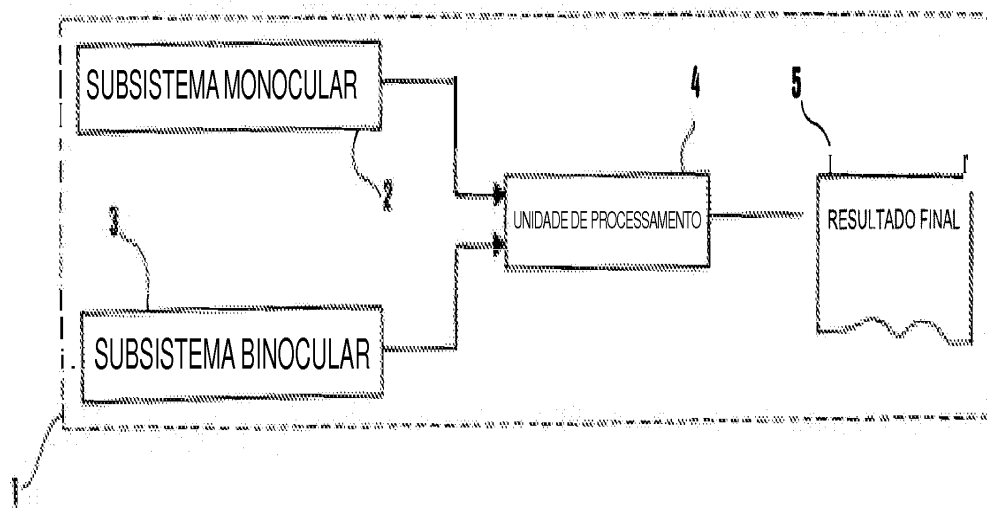


fig.1

1/12

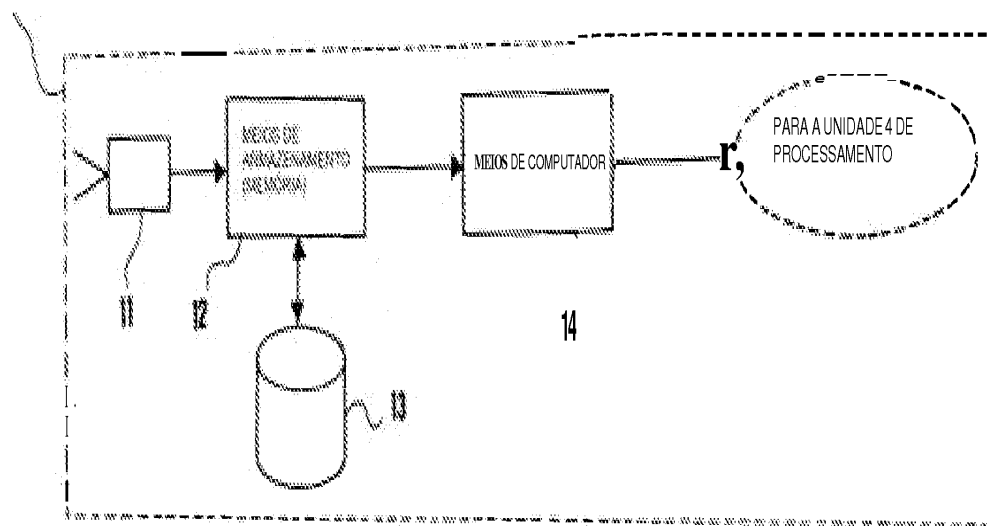


fig.2

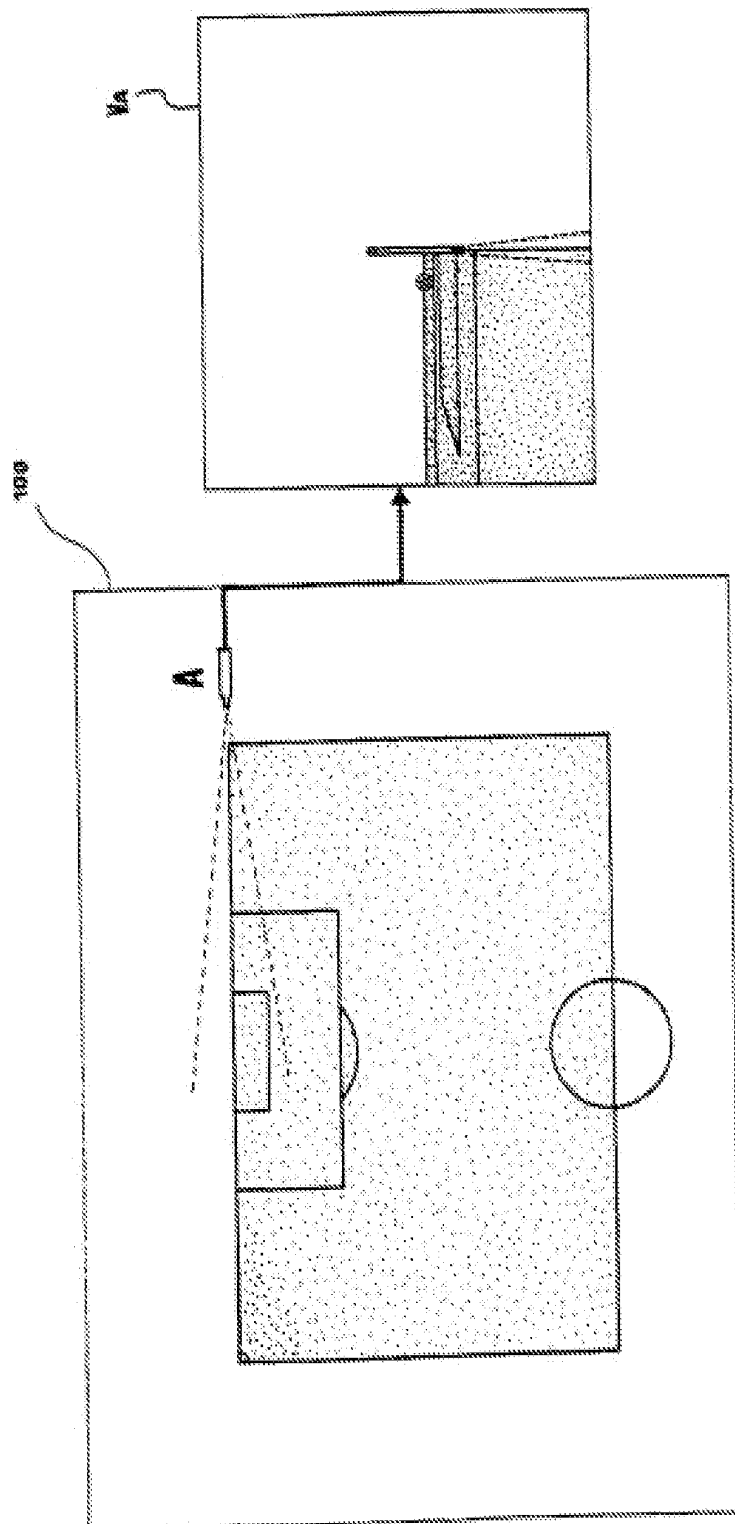


Fig.3

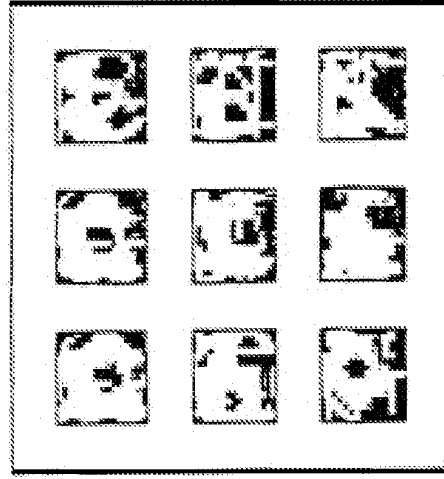


Fig. 4a

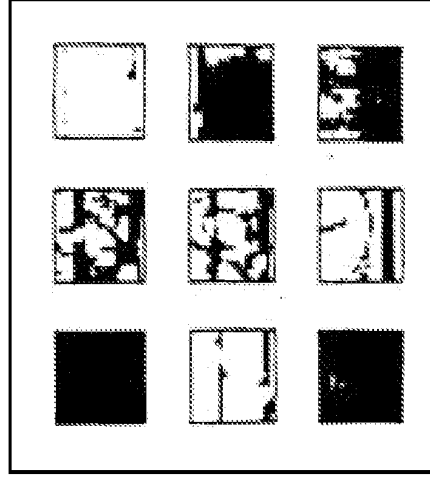


Fig. 4b

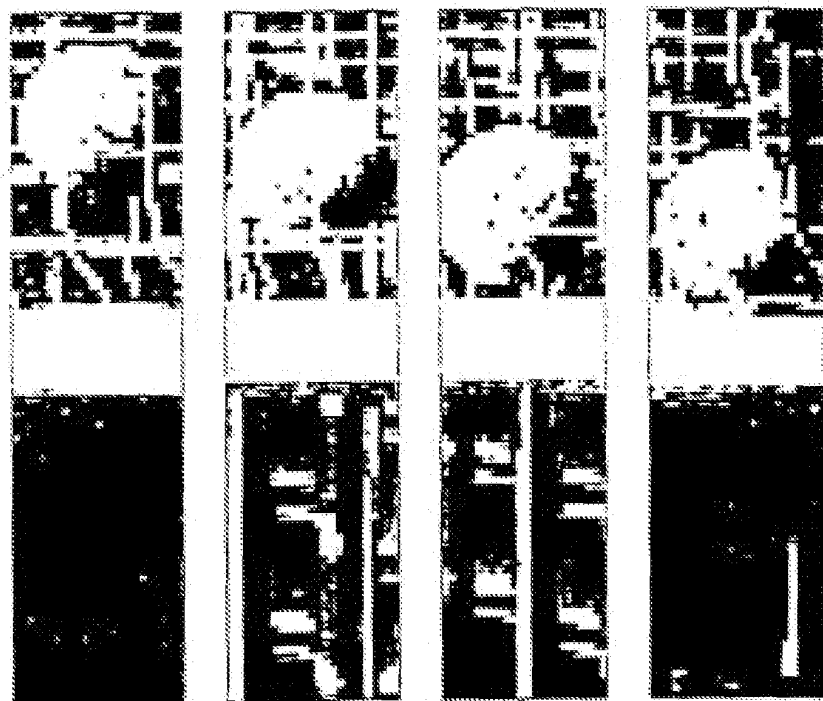


Fig. 5a

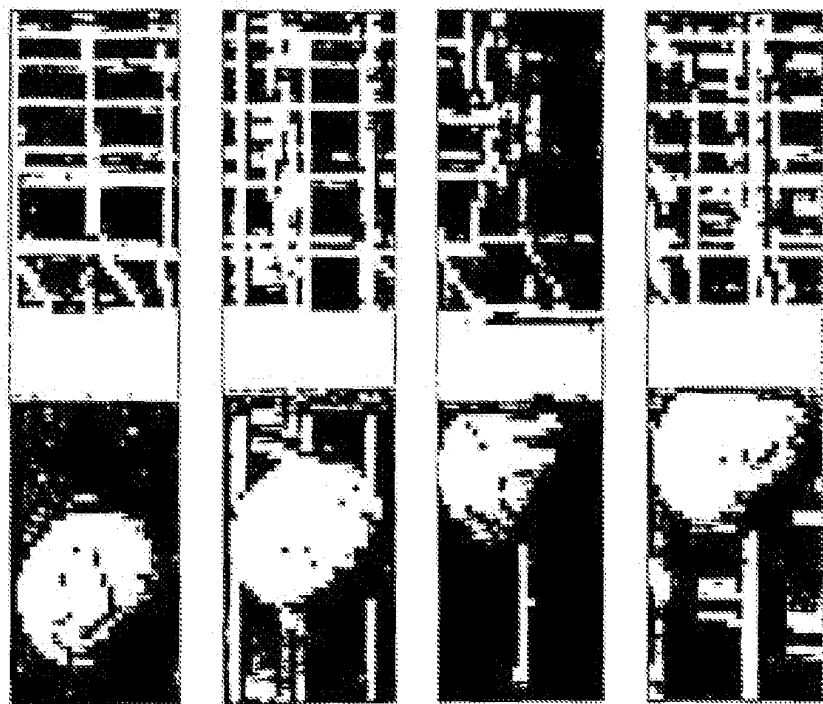


Fig. 5b

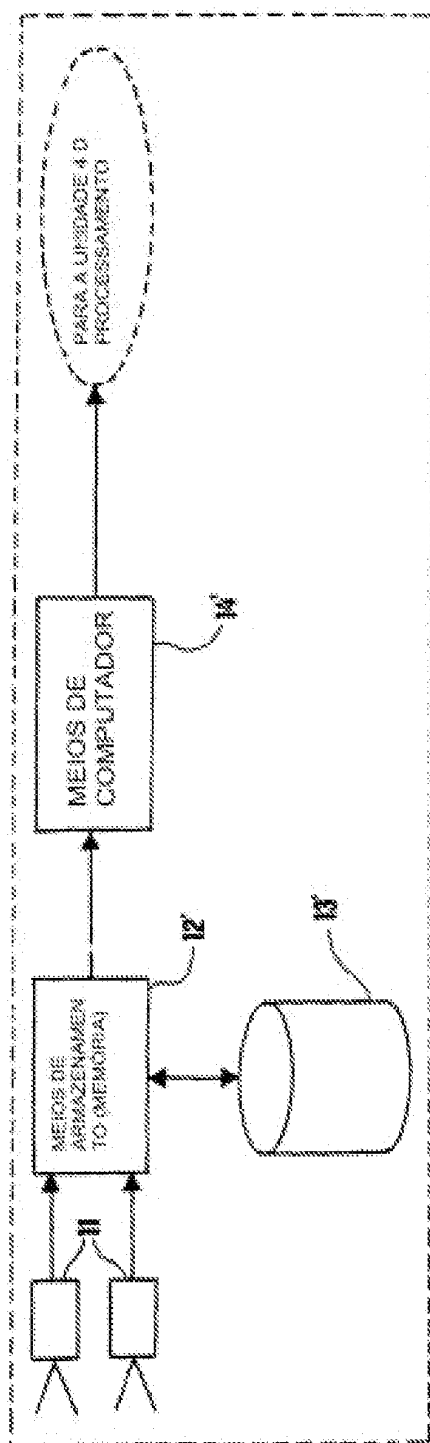


fig. 6

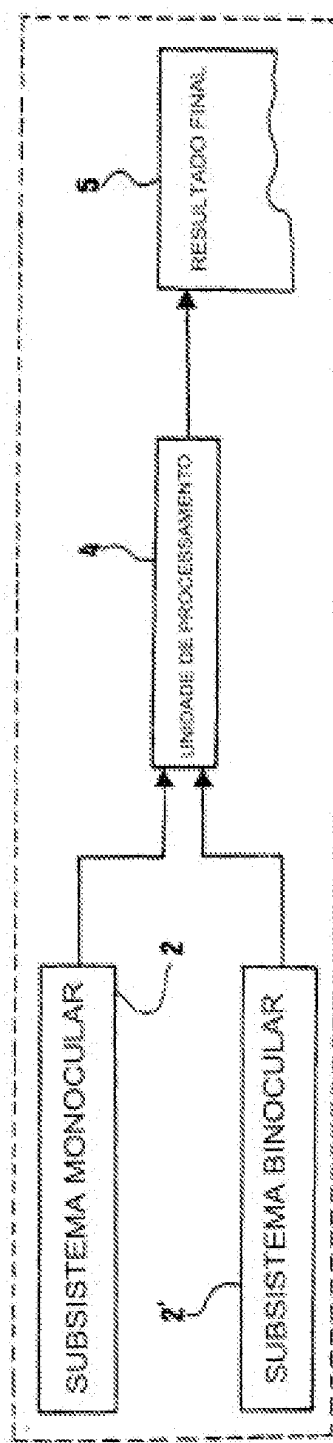


fig. 10

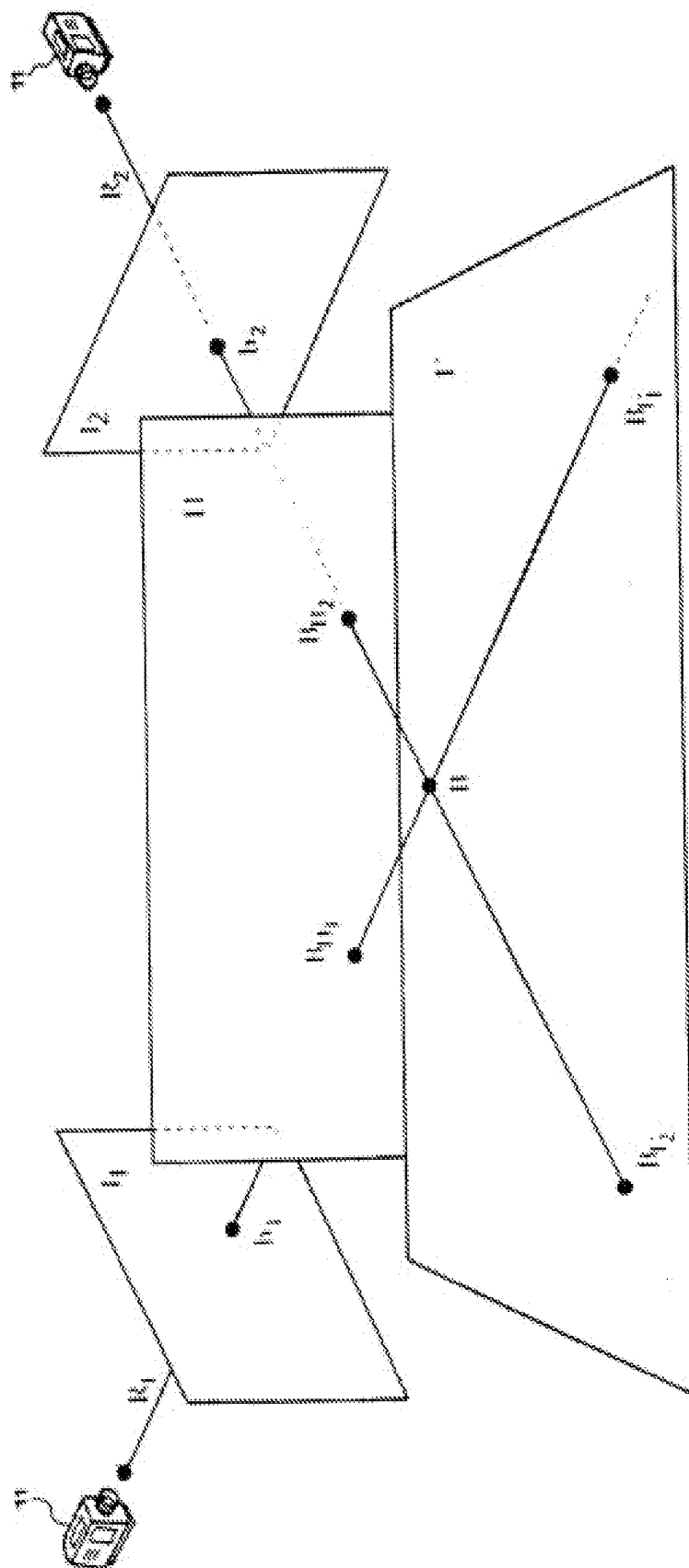


Fig. 7

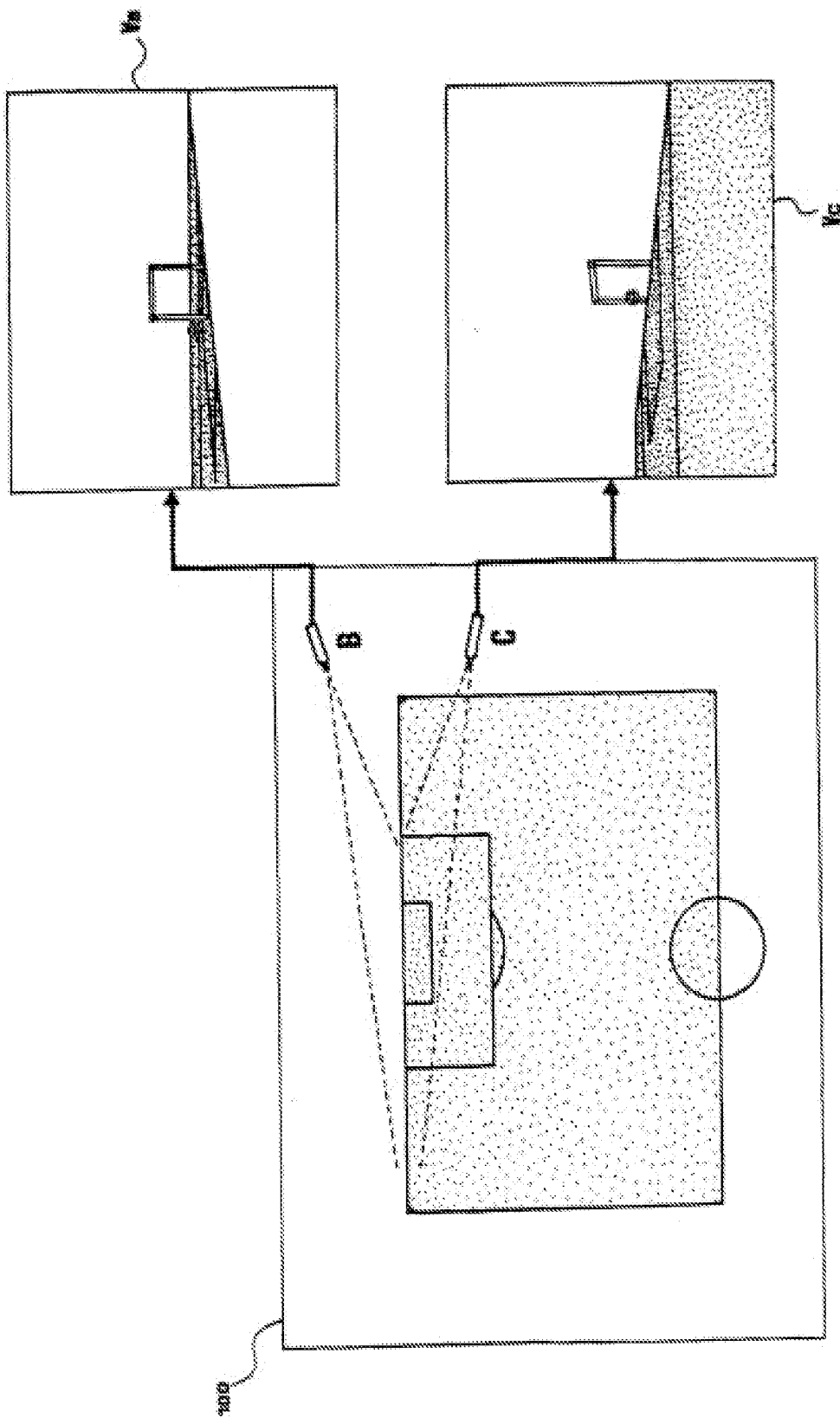
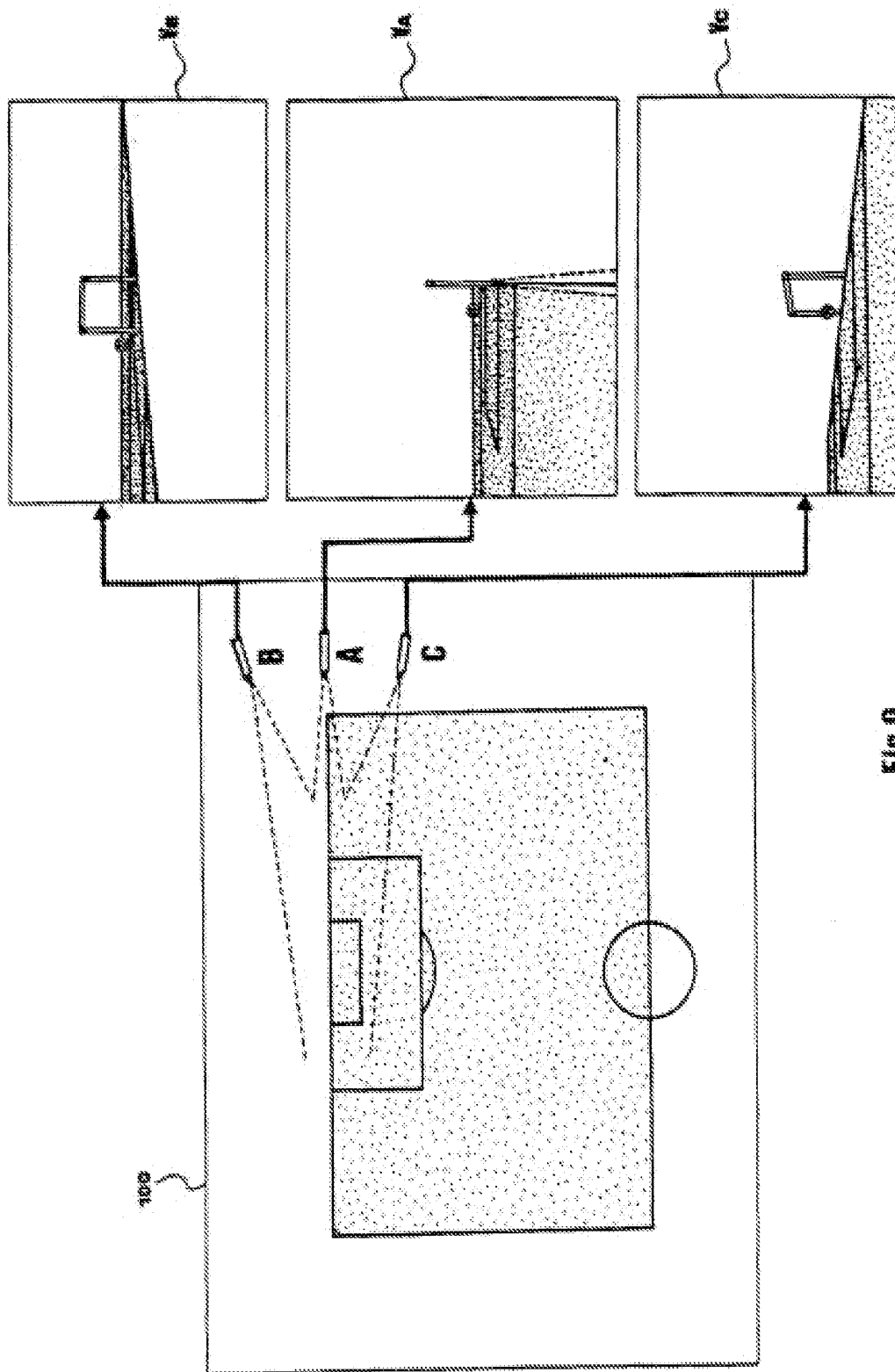


Fig. 8



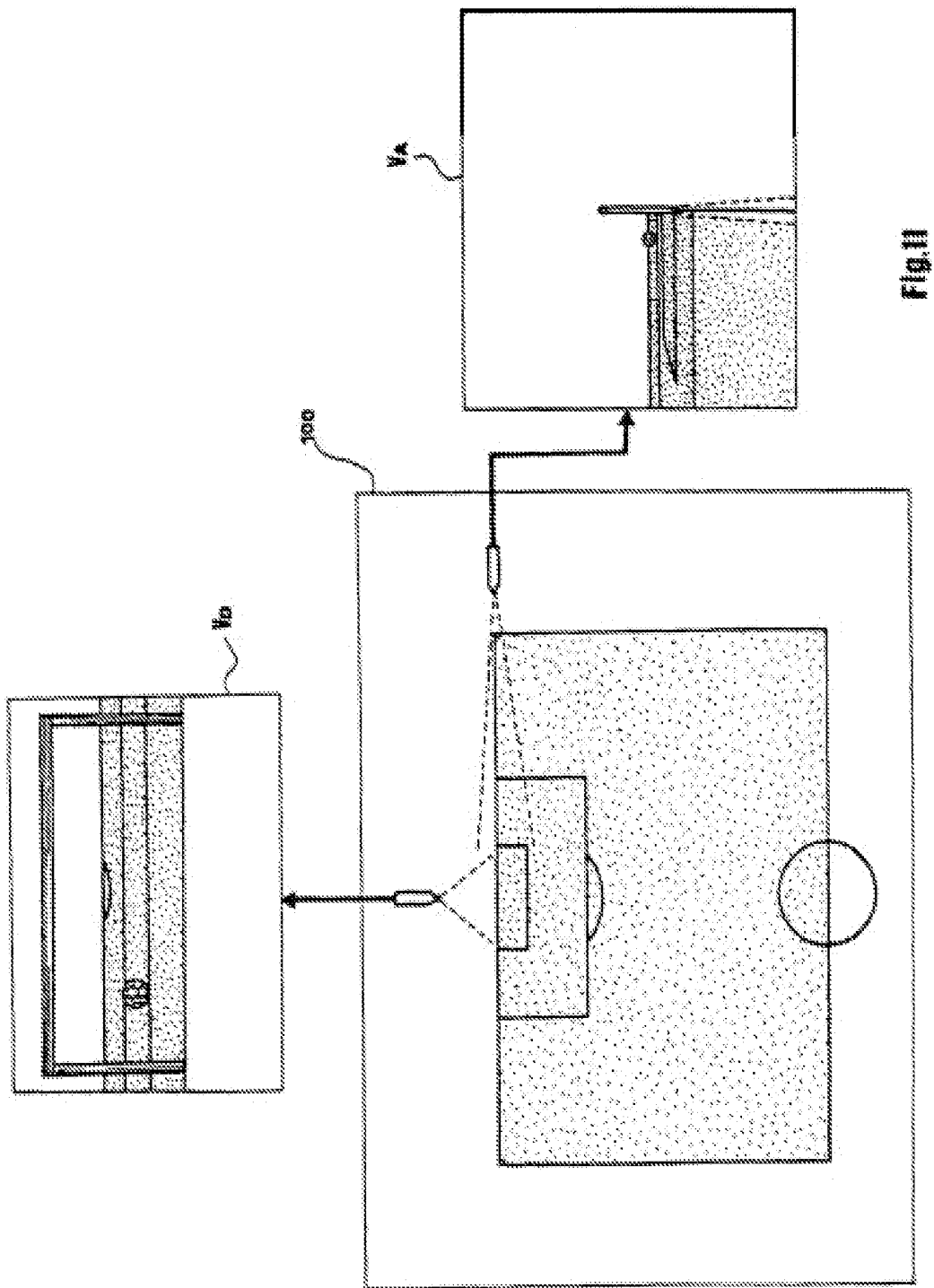


Fig. 11

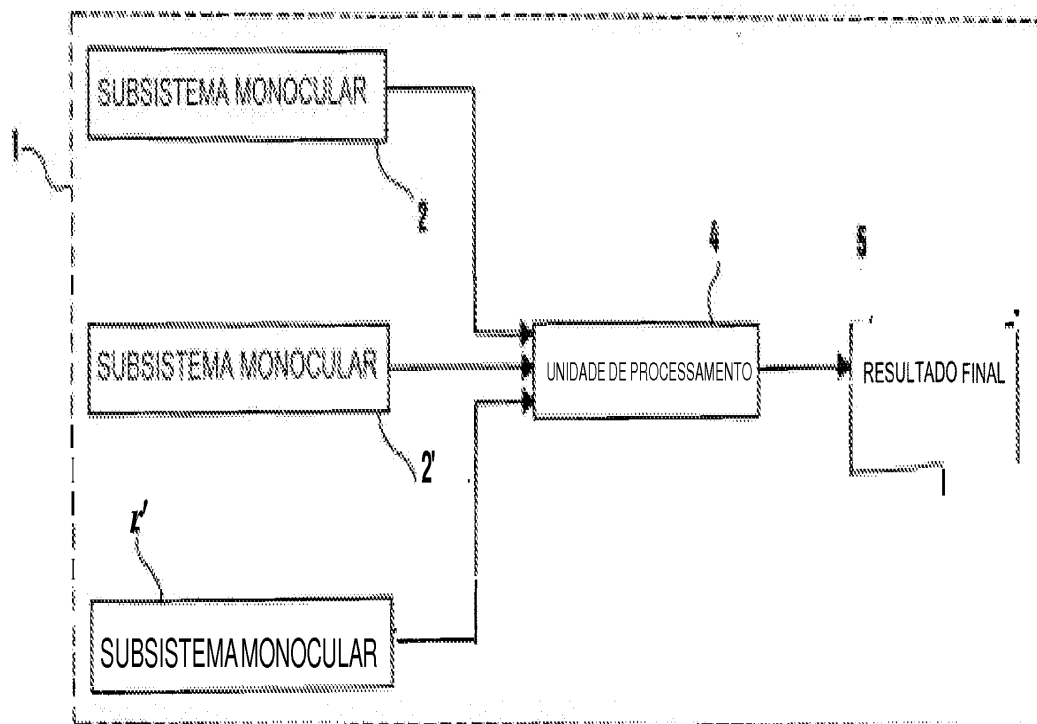


fig.12

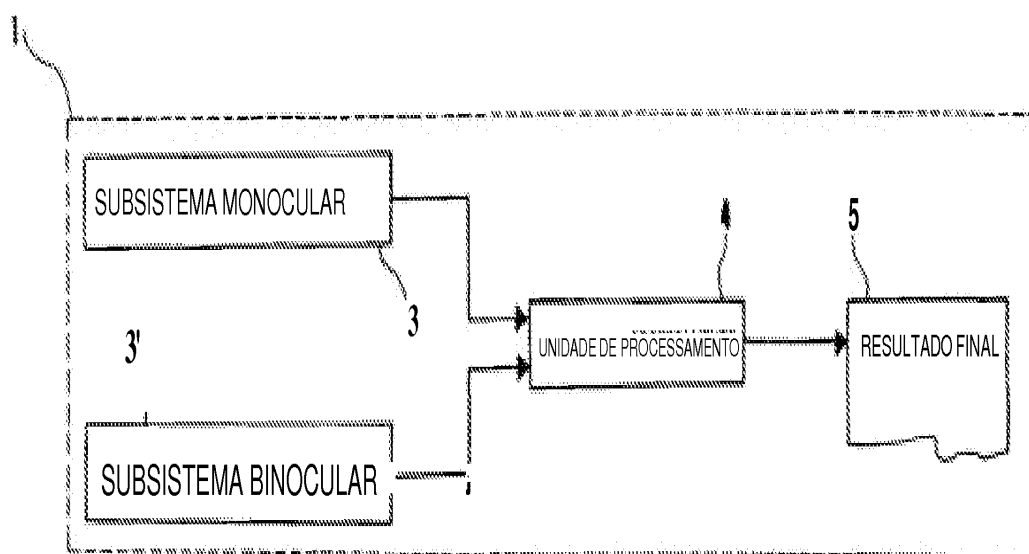


fig.14

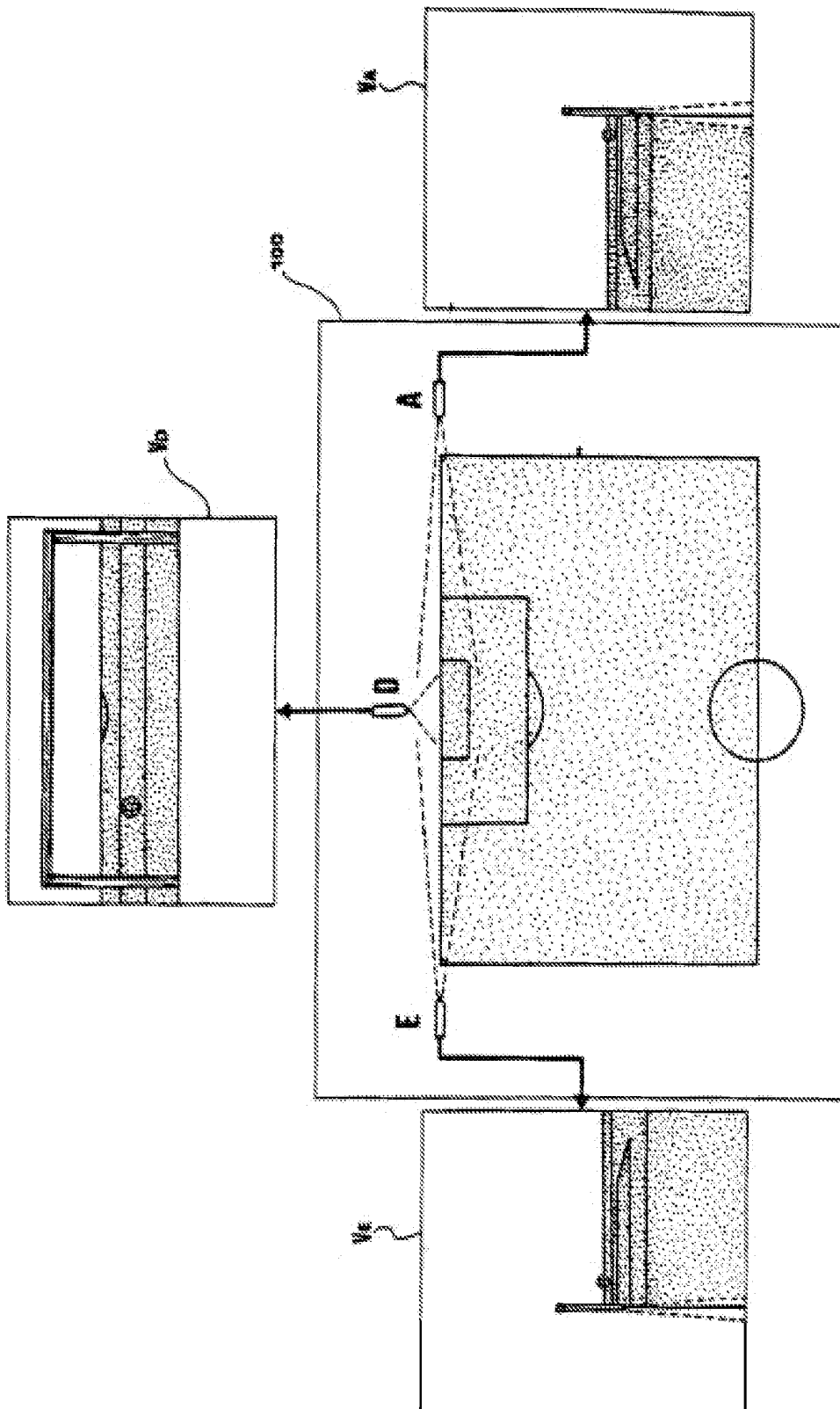


Fig.13

