MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	**102001900904764**
Data Deposito	**29/01/2001**
Data Pubblicazione	**29/07/2002**

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	08	B		

Titolo

SISTEMA E METODO PER LA RILEVAZIONE DELLA POSIZIONE RELATIVA DI UN OGGETTO RISPETTO AD UN PUNTO DI RIFERIMENTO.

SIB 92425

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"SISTEMA E METODO PER LA RILEVAZIONE DELLA POSIZIONE RELATIVA DI UN OGGETTO RISPETTO AD UN PUNTO DI RIFERIMENTO"

dell'ente:

Consiglio Nazionale delle Ricerche

RM2001 A 000045

con sede in:

Roma, ITALIA

ΔVΔVΔ

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un sistema ed un metodo per la rilevazione della posizione relativa di un oggetto rispetto ad un predeterminato punto di riferimento.

Una applicazione esemplificativa del sistema e del metodo secondo la presente invenzione è quella della rilevazione della posizione relativa di una palla rispetto ad una particolare linea di un campo da gioco.

In molti sport, un arbitro stabilisce il verificarsi di un evento in funzione della posizione relativa di una palla rispetto ad una particolare linea del campo da gioco. Ad esempio nel gioco del calcio un arbitro assegna un punto ad una squadra solo quando il pallone di gioco ha completamente superato la linea di porta (goal).

Tuttavia l'arbitro è in grado di rilevare autonomamente il verificarsi di un goal solamente quando questo risulta in maniera evidente ad esempio a causa del gonfiarsi della rete o perchè il pallone resta all'interno della porta. Non è però raro il caso in cui il pallone attraversi il piano della porta e, senza toccare la rete, ne

torni immediatamente fuori a causa di un rimbalzo irregolare con il terreno o di un contatto con i pali, oppure perchè respinto da un giocatore.

Nei casi in cui la velocità della palla non risulta essere estremamente elevata (potrebbe raggiungere anche i 120 Km/h) l'arbitro, per decidere circa l'evento in questione, può servirsi dell'ausilio di collaboratori i quali però a loro volta dovrebbero trovarsi in condizioni di osservazione ideali, vale a dire posizionati sulla linea di fondo campo con lo sguardo rivolto verso la porta. In caso contrario l'arbitro, dovendo comunque prendere una decisione, rischia di assegnare un goal inesistente (goal fantasma) oppure di non assegnare un goal realmente avvenuto.

Per la soluzione di tale problema sono noti alcuni sistemi, tutti riconducibili ad una stessa categoria, che prevedono l'utilizzo di sensori inseriti nella struttura della porta che ricevono un segnale da trasmettitori applicati nel pallone da gioco quando questo attraversa lo specchio della porta stessa.

Tali sistemi tuttavia presentano il notevole svantaggio di essere invasivi, in quanto richiedono l'inserimento di dispositivi elettronici nelle strutture di gioco (porte e pallone). Da ciò ne consegue che per poter usufruire del sistema stesso occorrerebbe modificare tutti i campi ed utilizzare palloni specifici. Tali dispositivi non sempre risultano essere applicabili in quanto le modifiche richieste alle strutture da gioco potrebbero interferire con i regolamenti ufficiali del gioco.

E' inoltre noto un sistema di tipo visivo, basato invece sulla osservazione del campo di gioco tramite telecamere opportunamente posizionate. Tale sistema determina la posizione della proiezione verticale del centro di massa del pallone sul piano del campo di gioco, sfruttando l'informazione nota a priori circa le dimensioni delle varie zone del campo stesso.

Tale sistema presenta però lo svantaggio di rilevare esclusivamente il

passaggio del pallone oltre una determinata linea, ma non fornisce alcuna indicazione circa l'altezza da terra del pallone durante l'attraversamento, informazione essenziale per poter affermare con certezza che il pallone è entrato in porta.

Scopo della presente invenzione e' quello di risolvere i succitati problemi della tecnica nota prevedendo un metodo per la rilevazione della posizione relativa di un oggetto rispetto ad un punto di riferimento caratterizzato dal fatto di comprendere i seguenti passi:

- acquisire una molteplicità di immagini, ciascuna di dette immagini essendo atta a visualizzare detto punto di riferimento;
- elaborare ciascuna immagine di detta molteplicità di immagini acquisite; e
- calcolare detta posizione relativa di detto oggetto rispetto a detto punto di riferimento.

La presente invenzione prevede inoltre un sistema per la rilevazione della posizione relativa di un oggetto rispetto ad un punto di riferimento comprendente:

- uno o più sottosistemi di acquisizione di immagini; ed
- una unità di elaborazione di dette immagini acquisite.

Potrà quindi vantaggiosamente essere previsto un campo da gioco comprendente tale sistema.

Per semplicità descrittiva, nel seguito di questa descrizione si continuerà a fare riferimento all'applicazione del sistema nel caso del gioco del calcio, intendendo naturalmente che il sistema ed il metodo descritti possono essere utilizzati in qualsiasi altra applicazione che comporti lo stesso problema tecnico.

Il principale vantaggio del metodo e del sistema secondo la presente invenzione è dato dal fatto che questi non prevedono la modifica di nessuna delle

componenti del campo da gioco e neanche la modifica del pallone da utilizzare.

Un secondo vantaggio risiede nella robustezza ed affidabilità della rilevazione dell'evento goal in quanto detto metodo integra una misura geometrica della posizione del pallone nello spazio tridimensionale (ottenuta tramite un sistema binoculare) ed una valutazione qualitativa dell'evento osservato (ottenuta con un sistema monoculare) emulando quindi l'attività di un osservatore umano posto nelle migliori condizioni di osservazione. L'integrazione delle misure fornite da detti sistemi garantisce una elevata percentuale di precisione ed una minima probabilità di errore in ogni situazione, comprese quelle di parziale occlusione visiva del pallone, ad esempio da parte di qualche giocatore.

Un terzo vantaggio risiede nella completezza dell'informazione sulla posizione dell'oggetto rispetto ad un punto di riferimento, in quanto il metodo fornisce le coordinate tridimensionali dell'oggetto stesso.

Un quarto vantaggio è che il sistema secondo la presente invenzione utilizza, per la acquisizione delle immagini, telecamere digitali ad alta velocità, le cui prestazioni superano quelle delle comuni telecamere e anche quelle dell'occhio umano.

Un ulteriore vantaggio e' dato dal fatto che il sistema secondo la presente invenzione consente di avere una registrazione digitale oggettiva dell'evento stesso, ottenuta tramite un vantaggioso posizionamento delle telecamere e l'acquisizione simultanea della dinamica della scena osservata. Tale registrazione consente di rivedere la scena in qualsiasi momento successivo, per validare l'evento segnalato (goal/non-goal), come tipicamente avviene nel caso di una moviola digitale ad alta risoluzione temporale e multivista simultanea.

Ulteriori vantaggi, caratteristiche e modalità di impiego della presente

invenzione risulteranno evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di sue forme di realizzazione preferite, presentate a scopo esemplificativo e non limitativo, facendo riferimento alle figure dei disegni allegati, in cui:

la figura 1 mostra uno schema a blocchi di una prima forma di realizzazione del sistema secondo la presente invenzione;

la figura 2 mostra uno schema a blocchi di un sottosistema monoculare secondo la presente invenzione;

la figura 3 mostra un esempio di posizionamento della telecamera e la relativa vista della scena osservata, per un sottosistema monoculare secondo la presente invenzione;

le figure 4a e 4b mostrano alcune immagini di esempi elaborati durante la fase di addestramento di una Support Vector Machine per classificazione utilizzata in una prima forma di realizzazione del sottosistema monoculare secondo la presente invenzione;

le figure 5a e 5b mostrano alcune immagini di esempi elaborati durante la fase di addestramento di una rete neurale utilizzata in una seconda forma di realizzazione del sottosistema monoculare secondo la presente invenzione;

la figura 6 mostra uno schema a blocchi di un sottosistema binoculare secondo la presente invenzione;

la figura 7 mostra una schematizzazione del principio di funzionamento del sottosistema binoculare secondo la presente invenzione;

la figura 8 mostra un esempio di posizionamento delle telecamere e le relative viste della scena osservata, per un sottosistema binoculare secondo la presente invenzione;

la figura 9 mostra un esempio di posizionamento delle telecamere e le relative

viste della scena osservata, per il sistema di figura 1;

la figura 10 mostra lo schema a blocchi di una seconda forma di realizzazione del sistema secondo la presente invenzione;

la figura 11 mostra un esempio di posizionamento delle telecamere con le relative viste della scena osservata, per il sistema di figura 10;

la figura 12 mostra lo schema a blocchi di una terza forma di realizzazione del sistema secondo la presente invenzione;

la figura 13 mostra un esempio di posizionamento delle telecamere con le relative viste della scena osservata, per il sistema di figura 12;

la figura 14 mostra lo schema a blocchi di una quarta forma di realizzazione del sistema secondo la presente invenzione; e

la figura 15 mostra un esempio di posizionamento delle telecamere con le relative viste della scena osservata, per il sistema di figura 14.

Facendo innanzitutto riferimento alla figura 1, questa mostra una prima forma di realizzazione del sistema secondo la presente invenzione.

Secondo questa forma di realizzazione, il sistema 1 comprende uno o più sottosistemi 2, 3 atti ad acquisire contemporaneamente immagini della porzione del campo di gioco in esame comprendente il punto di riferimento scelto, in particolare della zona della porta.

Il sottosistema 2 è di tipo monoculare, atto ad elaborare immagini acquisite da un'unica posizione, mentre il sottosistema 3 è di tipo binoculare, atto ad elaborare coppie di immagini acquisite da due posizioni distinte. Una descrizione dettagliata circa il funzionamento dei due tipi di sottosistemi verrà data nel seguito di questa descrizione.

Il sottosistema monoculare 2 ed il sottosistema binoculare 3 sono indipendenti

tra loro e ciascuno è in grado di fornire informazioni relative alla posizione della palla, quando questa entra nel rispettivo campo di vista.

Tali informazioni vengono inviate ad una unità di elaborazione 4 che provvede a confrontarle tra loro ed a calcolare un risultato finale 5.

La successiva figura 2 è uno schema a blocchi raffigurante un sottosistema 2 di tipo monoculare.

Il sottosistema 2 comprende un trasduttore di immagini 11, ad esempio una telecamera. Tale telecamera 11 dovrà essere selezionata tra quelle che consentono di acquisire il maggior numero possibile di immagini al secondo in modo da ridurre al minimo lo spostamento Δs del pallone tra due immagini successive. Infatti, la telecamera e' in grado di rilevare con certezza l'evento goal solo se il pallone ha superato la linea di porta di una distanza almeno pari a $\Delta s/2$.

A titolo esemplificativo, utilizzando una telecamera di tipo 'Dalsa Motion® Vision progressive Scan Area' ed in particolare il modello CA-D6 0512 che permette una acquisizione di 262 immagini/sec con una risoluzione di 536x516 pixels, nell'ipotesi di una velocità del pallone di 120Km/h, il sottosistema 2 e' in grado di rilevare con certezza l'evento goal quando il pallone ha superato la linea di porta di 6.5 cm.

Il formato dei dati in uscita dalla telecamera è digitale e risponde allo standard EIA-644, adatto quindi ad essere interfacciato con altre apparecchiature elettroniche per la memorizzazione e l'elaborazione delle immagini acquisite. In particolare sono previsti mezzi di memorizzazione 12 ad alta velocità, basati ad esempio su tecnologia Ultra 2 SCSI con dischi da 10000 rpm della Seagate®. In questa maniera tutte le immagini acquisite vengono memorizzate in un archivio 13.

Le immagini acquisite sono sottoposte ad un processo di elaborazione tramite specifici mezzi di calcolo 14. Tali mezzi di calcolo 14, comprendono sistemi dedicati, quali ad esempio:

- DATACUBE MAXPCI®, basato su un'architettura costituita da diverse componenti (convolutore, ALU, Warper, ecc.), che permette di effettuare una operazione di convoluzione 8x8 su una immagine 512x512x8 bit in 7 ms;
- MATROX GENESYS®, basato su un'architettura a multiprocessore DSP TI C80, che prevede fino a tre processori per ogni scheda, fino ad un massimo di sei schede, con prestazioni fino a 100 Bops; oppure
- ALACRON FANTISMAGE®, basato su un'architettura PCI a multiprocessore (fino ad otto)TRIMEDIA 1x100 della Philips Semiconductor che permette prestazioni fino a 500 Mflops.

Architetture di questo tipo sono richieste per l'ingente mole di calcoli necessari e per l'ottenimento del risultato in tempo reale.

La figura 3 mostra un posizionamento preferito per la telecamera A rispetto al campo da gioco 100 durante l'utilizzo di un sottosistema monoculare 2 e la relativa immagine Va acquisita dalla telecamera A.

Secondo questa prima forma di realizzazione del sistema 1, il sottosistema monoculare 2 comprende una telecamera A posizionata con l'asse ottico giacente sul piano di fondo campo, nella direzione della porta, in grado di rilevare autonomamente l'evento goal rappresentato dal completo attraversamento del piano di porta da parte della palla.

Naturalmente altre posizioni possono essere previste al fine di ottenere prestazioni migliori dal sistema.

L'uso di un sottosistema monoculare 2 come quello finora descritto, consente

di attuare un metodo di rilevazione dell'evento goal di tipo qualitativo sulla base dell'informazione visiva ottenuta da una telecamera, senza effettuare alcun tipo di misurazione, ma semplicemente riferendo la posizione del pallone osservata in ogni immagine ad alcuni punti fissi di riferimento che in questo contesto sono dati dalle strutture portanti della porta.

Viene quindi implementato, tramite mezzi di elaborazione hardware e software, un primo sistema decisionale di tipo qualitativo che ricevendo in ingresso una immagine fornisce in uscita, in tempo reale, un segnale che indica se l'immagine e' un'istanza dell'evento considerato.

Secondo una prima forma di realizzazione del sottosistema monoculare 2, l'elaborazione delle immagini acquisite comprende due passi fondamentali:

- il riconoscimento del pallone all'interno dell'immagine; e
- la localizzazione del pallone rispetto a predeterminati punti di riferimento.

Il riconoscimento del pallone può essere realizzato mediante metodologie di riconoscimento di oggetti basate sull'analisi dei contorni o delle aree.

Tali metodologie sono ben note ad un tecnico del ramo, quindi non ne verrà qui fornita una descrizione dettagliata.

In particolare, secondo tale prima forma di realizzazione del sottosistema monoculare, è stata utilizzata una tecnica di riconoscimento basata su apprendimento da esempi chiamata SVM (Support Vector Machine).

Le successive figure 4a e 4b mostrano alcuni insiemi di immagini di esempio utilizzate a questo scopo.

Il passo di riconoscimento del pallone, viene eseguito in maniera tale da risolvere svariati problemi che si possono incontrare in una applicazione di questo tipo.

In particolare vengono prese in considerazione e risolte le difficoltà legate alle condizioni ambientali (intensità e direzione dell'illuminazione della zona ripresa, presenza di ombre), alla confondibilità del pallone con lo sfondo della scena ripresa ed alla rilevazione di 'falsi positivi' e/o di 'falsi negativi'.

Tali problematiche sono affrontate e risolte tramite una pre-elaborazione di ciascuna delle immagini acquisite, eseguita sostanzialmente tramite esecuzione di procedure di tipo software con l'obiettivo di:

- ridurre l'area di ricerca del pallone in ciascuna immagine; ed
- estrarre informazioni identificative del pallone, utili alla sua rilevazione e localizzazione all'interno dell'immagine.

Al fine di risolvere i punti sopracitati, è previsto un modulo di pre-elaborazione che agisce sulla base di una analisi dei livelli di grigio, della correlazione tra immagini consecutive e di una finestratura intorno alla posizione rilevata sull'immagine precedente.

Il metodo secondo la presente invenzione, prevede un passo di addestramento con esempi finalizzata alla realizzazione di un classificatore, in particolare del tipo a due classi (palla/non-palla), atto a catalogare ciascuna immagine in una delle due classi con il minor errore possibile.

Tale fase di addestramento comprende i seguenti passi:

- acquisizione di una molteplicità di immagini esempio da cui estrarre esempi positivi e negativi dell'oggetto palla;
- pre-processamento di ciascun esempio estratto consistente in una equalizzazione dell'istogramma, quantizzazione dei relativi livelli di grigio e mascheramento per eliminare gli effetti di bordo; e
- addestramento del classificatore mediante una tecnica di tipo SVM.

Il metodo di rilevazione dell'evento considerato prevede quindi:

- l'acquisizione continua di immagini della zona della porta;
- per ciascuna immagine acquisita, l'estrazione di tutte le possibili sottoimmagini di dimensioni pari a quella degli esempi utilizzati durante la fase di addestramento di SVM per il riconoscimento del pallone;
- ciascuna sottoimmagine viene pre-processata come descritto in precedenza e classificata come palla o non-palla dal classificatore SVM;
- se una sottoimmagine e' un'istanza del pallone, la sua posizione nell'immagine rispetto a quella del palo della porta che è nota a priori, e' utilizzata per decidere se si e' verificato l'evento goal.

Secondo una seconda forma di realizzazione del sottosistema monoculare 2, l'elaborazione delle immagini acquisite prevede una fase di addestramento finalizzata alla realizzazione di un classificatore, in particolare del tipo a due classi, atto appunto a catalogare, con il minor errore possibile, ciascuna immagine in una delle due classi goal/non-goal.

Rispetto alla precedente forma di realizzazione descritta, il classificatore fornisce direttamente il risultato finale, cioè una decisione circa il verificarsi dell'evento considerato (goal/non-goal).

Tale fase di addestramento comprende i seguenti passi:

- acquisizione di una molteplicità di immagini da cui estrarre esempi positivi e negativi del concetto di goal, come illustrato nelle successive figure 5a e 5b;
- pre-processamento di ciascun esempio estratto consistente in una equalizzazione dell'istogramma ed una successiva quantizzazione dei relativi livelli di grigio; e
- addestramento del classificatore, mediante una tecnica basata su una rete

neurale.

In tal caso, il metodo di rilevazione del goal prevede:

- l'acquisizione continua di immagini della zona della porta;
- per ciascuna immagine acquisita, l'estrazione di tutte le possibili sottoimmagini di dimensioni e tipologia uguali a quelle degli esempi utilizzati durante la fase di addestramento;
- ciascuna sottoimmagine viene pre-processata come descritto in precedenza e classificata come goal/non-goal dalla rete neurale.

La rete neurale utilizzata è costituita da tre livelli: un primo livello di ingresso, un secondo livello intermedio ed un terzo livello di uscita.

Il numero di nodi dei livelli viene determinato in base alla dimensione del problema in esame. Il primo livello ha un numero di nodi definito dalla dimensione delle sottoimmagini di ingresso, mentre quello di uscita ha un solo nodo in quanto il problema necessita di una risposta di tipo binario (goal/non-goal).

I principi di funzionamento di una rete neurale sono ben noti ad un tecnico del ramo, per cui non saranno qui spiegati nel dettaglio.

Le figure 5a e 5b mostrano alcuni insiemi di sottoimmagini utilizzate come esempi rispettivamente positivi e negativi di goal durante la fase di addestramento del sistema decisionale. Questi esempi consistono sostanzialmente in immagini reali raffiguranti una vista laterale della porta con un pallone ripreso in tutte le possibili posizioni ed in diverse condizioni di visibilità.

Il classificatore a rete neurale, durante la fase di addestramento impara a riconoscere il verificarsi dell'evento goal sulla base delle informazioni contenute nelle immagini fornite come esempio.

Ciascuna immagine ripresa viene processata dal sistema decisionale che restituisce una risposta circa l'effettiva rilevazione del goal.

Gli insiemi di immagini utilizzati durante la fase di addestramento del classificatore dovranno essere tali da comprendere la maggior parte delle situazioni reali che possono verificarsi, in maniera tale da garantire un corretto funzionamento del sistema e risposte affidabili anche in condizioni non ideali, ad esempio di visibilità.

Naturalmente le tecniche di classificazione (SVM e rete neurale) adottate nelle due differenti forme di realizzazione descritte del sottosistema monoculare 2 possono essere utilizzate indifferentemente nei due casi, senza che questo modifichi il principio di funzionamento del sistema nel suo complesso, vale a dire che e' anche possibile utilizzare un classificatore basato su reti neurali per il riconoscimento del pallone, oppure un classificatore di tipo SVM per l'identificazione dell'evento goal.

Le tecniche di classificazione appena descritte non sono comunque le uniche utilizzabili per affrontare il problema in oggetto. Infatti, qualunque classificatore a due classi basato su una tecnica di apprendimento da esempi può essere utilizzato in entrambe le forme di realizzazione del sottosistema monoculare 2 secondo la presente invenzione.

La figura 6 è uno schema a blocchi del sottosistema binoculare 3.

Una coppia di trasduttori di immagini 11, ad esempio telecamere ad alta velocità del tipo già descritto in precedenza, acquisisce immagini della zona del campo da gioco in esame.

Tali immagini vengono memorizzate tramite mezzi di memorizzazione 12' in un archivio 13' ed elaborate tramite mezzi di calcolo 14'.

Tali mezzi di calcolo sono dello stesso tipo di quelli già descritti in relazione ai sistemi monoculari, quindi non verranno qui descritti di nuovo nel dettaglio.

Con riferimento alla figura 7, il sottosistema binoculare 3 è basato sulla misura della posizione tridimensionale del centro di massa B del pallone come punto di intersezione delle linee di vista $\{R_i\}$ generate da due telecamere 11 che riprendono la zona da diversi punti di vista:

$B = R_1 \times R_2$

Per ogni punto di vista considerato viene generata una linea di vista R_i dal centro ottico della telecamera che interseca il centro di massa B del pallone nello spazio tridimensionale ed il centro b_i della proiezione del pallone sul piano immagine I_i.

Per ogni telecamera, la linea di vista che passa per il centro del pallone, viene determinata dalle sue due intersezioni con il piano della porta Π ed il piano del campo di gioco Γ. Tali intersezioni sono stimate a partire dalla posizione del pallone nel piano immagine e da informazioni note a priori sulla posizione spaziale dei pali della porta e delle linee che delimitano l'area della porta.

In particolare, ogni linea di vista viene calcolata come segue:

- eseguire una stima di una prima trasformazione proiettiva $H_{\Gamma i}$ tra un primo piano tridimensionale noto, ad esempio il piano del campo Γ, e la sua proiezione nel piano immagine I_i (omografia $H_{\Gamma i}$), dalle corrispondenze dei quattro punti di intersezione $\{P_j\}j=1,..,4$ delle quattro linee $\{L_j\}j=1,..,4$ ortogonali del campo delimitanti l'area della porta, le cui posizioni nello spazio Euclideo sono note a priori, e le rispettive proiezioni $\{p_j\}j=1,..,4$ nell'immagine I_i;
- eseguire una stima di una seconda trasformazione proiettiva $H_{\Pi i}$ tra un

secondo piano tridimensionale noto, ad esempio il piano della porta Π e la sua proiezione nel piano immagine I_i (omografia $H_{\Pi i}$), dalle corrispondenze dei quattro punti di intersezione $\{Q_j\}j=1,..,4$ delle due linee verticali su cui giacciono i bordi esterni dei due pali verticali della porta con la linea di porta e con la linea orizzontale su cui giace il bordo esterno del palo orizzontale della porta, e le rispettive proiezioni $\{p_j\}j=1,..,4$ nell'immagine I_i;

- eseguire una stima della proiezione $B_{\Gamma i}$ del centro di massa del pallone B sul piano del campo da gioco Γ proiettandovi la sua immagine b_i con l'omografia $H_{\Gamma i}$:

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

- eseguire una stima della proiezione $B_{\Pi i}$ del centro di massa B del pallone sul piano della porta Π proiettandovi la sua immagine bi con l'omografia $H_{\Pi i}$:

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

- eseguire una stima della linea di vista R_i dai suoi due punti di intersezione con il piano del campo di gioco $B_{\Gamma i}$ ed il piano su cui giace la porta $B_{\Pi i}$:

  $R_i = B_{\Gamma i} \times B_{\Pi i}$.

Il sottosistema binoculare richiede le seguenti informazioni in ingresso:

- due immagini (I1, I2) relative a due viste differenti ottenute da due telecamere non calibrate;
- le coordinate in ogni piano immagine del centro del pallone b_i, stimate utilizzando la tecnica basata su apprendimento da esempi con l'algoritmo SVM utilizzato anche nel sistema monoculare. Alternativamente può essere utilizzata una qualsiasi tecnica nota di riconoscimento di pattern;
- le intersezioni $\{p_{ij}\}$ delle linee del campo di gioco delimitanti l'area della porta in ogni piano immagine;

- le intersezioni $\{q_{ij}\}$ delle linee delimitanti la porta in ogni piano immagine;
- le intersezioni $\{P_j\}$ delle linee del campo di gioco delimitanti l'area della porta sul piano Euclideo Γ del campo di gioco; e
- le intersezioni $\{Q_j\}$ delle linee delimitanti la struttura della porta nello spazio Euclideo tridimensionale.

La figura 8 è una vista dall'alto del campo di gioco che mostra un vantaggioso posizionamento delle due telecamere B, C del sottosistema binoculare 3 in prossimità della porta, atto a minimizzare l'errore nella stima della distanza del pallone dal piano della porta. Le telecamere acquisiscono immagini del tipo di quelle indicate con Vb e Vc in figura.

La figura 9 mostra il sistema 1 secondo la prima forma di realizzazione descritta, che prevede l'utilizzo congiunto di un sottosistema monoculare 2 (telecamera A) e di un sottosistema binoculare 3 (telecamere B e C) e le rispettive viste delle immagini acquisite Va, Vb e Vc.

Anche in questo caso potranno essere previste altre posizioni al fine di meglio adattare il funzionamento del sistema alla specifica applicazione.

Il sottosistema binoculare 3 e' in grado di rilevare autonomamente l'evento goal, inteso come il completo attraversamento della linea di porta da parte della palla, tramite un secondo sistema decisionale di tipo metrico che utilizza la misura della posizione tridimensionale, ma non e' in grado, in generale, di offrire un riscontro valutabile visivamente dell'evento stesso.

Il sottosistema monoculare 2 e' in grado di determinare autonomamente solamente la posizione del pallone rispetto al piano della porta, e di fornirne un riscontro oggettivo nella relativa registrazione. Infatti, senza viste aggiuntive, un pallone al di fuori della porta può apparire come se fosse al suo interno, pur

avendo superato la linea di fondo campo.

Secondo la prima forma di realizzazione, il sistema 1 integra i due sottosistemi, superando le limitazioni che ognuno dei due avrebbe se utilizzato individualmente.

Poichè il sottosistema monoculare 2 consente di determinare solo la posizione del pallone rispetto al piano della porta, l'aggiunta delle viste del sottosistema binoculare 3 consente di riconoscere anche gli attraversamenti della linea di fondo che avvengono esternamente alla porta.

L'aggiunta del sottosistema monoculare a quello binoculare, oltre a rendere più attendibile la rilevazione automatica dell'evento, ne consente inoltre un vantaggioso riscontro visivo.

Il sottosistema binoculare 3 e quello monoculare 2 valutano separatamente l'attraversamento della linea di fondo campo. La ridondanza delle valutazioni fornite dai due sottosistemi aumenta l'affidabilità della rilevazione automatica dell'evento goal. L'integrazione dei risultati forniti dai due sottosistemi finora descritti consente di ottenere una unica valutazione finale dell'evento con il massimo grado di certezza ottenibile.

Facendo riferimento alla figura 10, questa mostra una seconda forma di realizzazione del sistema secondo la presente invenzione. Secondo questa forma di realizzazione, il sistema 1 comprende due sottosistemi monoculari 2, 2' del tipo già descritto in precedenza.

La successiva figura 11 mostra una vista in pianta del campo da gioco 100 sul quale sono posizionate le telecamere A e D dei sottosistemi monoculari 2 e 2'. Le telecamere A e D acquisiscono rispettivamente immagini del tipo di quelle mostrate nelle viste Va e Vd.

In particolare la telecamera D è posizionata con l'asse ottico perpendicolare al piano della porta e passante per il suo centro.

L'elaborazione delle immagini acquisite tramite la telecamera D consiste nella individuazione del pallone nell'immagine, all'interno della struttura della porta.

Tale passo è implementato utilizzando un classificatore di tipo SVM, riferendo la posizione della palla ai tre pali della porta.

Tale informazione viene quindi integrata con quella fornita dal sottosistema monoculare 2, vale a dire con l'informazione circa la posizione della palla rispetto al piano della porta che consente di rilevare in modo qualitativo il completo attraversamento della linea di fondo campo.

La figura 12 mostra una terza forma di realizzazione del sistema 1 secondo la presente invenzione. Secondo tale terza forma di realizzazione il sistema 1 comprende tre sottosistemi monoculari 2, 2' e 2".

In questo caso il sistema 1 fornisce informazioni ridondanti, tuttavia la ridondanza rende più affidabile la rilevazione dell'evento goal.

La successiva figura 13 mostra una vista in pianta del campo da gioco 100 ed un posizionamento preferito delle tre telecamere A, E e D relative ai tre sottosistemi monoculari. Le viste Va, Ve e Vd sono esempi di immagini acquisite dalle tre telecamere.

L'uso di informazioni ridondanti è vantaggioso per risolvere casi di occlusione della palla rispetto ad una delle due telecamere simmetriche A ed E.

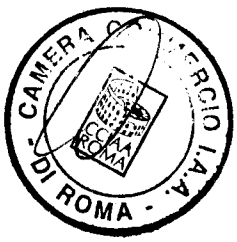
Le figure 14 e 15 mostrano una quarta forma di realizzazione del sistema 1 che comprende due sottosistemi binoculari 3, 3' del tipo già descritto in precedenza.

In questo caso, quattro telecamere B, C, F e G sono posizionate sul campo da gioco 100, in maniera da fornire rispettive immagini del tipo di quelle mostrate

nelle viste Vc, Vb, Vf e Vg. L'uso combinato delle quattro telecamere e l'elaborazione delle immagini fornite, aumenta l'affidabilità della rilevazione dell'evento goal e riduce i casi di mancata rilevazione, causati ad esempio dalla occlusione della palla.

La presente invenzione è stata fin qui descritta secondo sue forme di realizzazione preferite presentata a scopo esemplificativo e non limitativo. E' da intendersi che altre possono essere le forme previste, tutte da considerarsi rientranti nell'ambito di protezione della stessa, come definito dalle rivendicazioni annesse.

Daniele [illegible] Iacobelli
(Iscr. Albo n. 833 B)



RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la rilevazione della posizione relativa di un oggetto rispetto ad un punto di riferimento caratterizzato dal fatto di comprendere i seguenti passi:

- acquisire una molteplicità di immagini, ciascuna di dette immagini essendo atta a visualizzare detto punto di riferimento;
- elaborare ciascuna immagine di detta molteplicità di immagini acquisite; e
- calcolare detta posizione relativa di detto oggetto rispetto a detto punto di riferimento.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui detto passo di elaborare ciascuna immagine, comprende inoltre un passo di riconoscere detto oggetto all'interno di ciascuna di dette immagini.

3. Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui detto passo di riconoscere detto oggetto comprende un passo di pre-elaborazione di ciascuna di dette immagini.

4. Metodo secondo la rivendicazione 3, in cui detto passo di pre-elaborazione comprende i passi di:

- analizzare i livelli di grigio di ciascuna di dette immagini;
- eseguire una finestratura di ciascuna di dette immagini atta a ridurre l'area di ricerca di detto oggetto;
- estrarre informazioni identificative di detto oggetto.

5. Metodo secondo la rivendicazione 4, in cui detto passo di estrarre dette informazioni identificative è eseguito tramite tecniche basate sull'analisi dei contorni o delle aree.

6. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 2 a 5, in cui detto passo di riconoscere detto oggetto è eseguito tramite un classificatore.

7. Metodo secondo la rivendicazione 6, in cui detto classificatore è basato su

tecniche di tipo SVM.

8. Metodo secondo la rivendicazione 6, in cui detto classificatore è basato su reti neurali.

9. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto passo di calcolare detta posizione relativa di detto oggetto rispetto a detto punto di riferimento è eseguito tramite un primo sistema decisionale di tipo qualitativo.

10. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 6 a 8, comprendente inoltre un passo di addestramento con esempi, atto alla costruzione di detto classificatore.

11. Metodo secondo la rivendicazione 10, in cui detto passo di addestramento con esempi comprende i seguenti passi:

- acquisire una molteplicità di immagini esempio;
- equalizzare l'istogramma di ciascuna di dette immagini esempio;
- quantizzare i livelli di grigio di ciascuna di dette immagini esempio; e
- fornire ciascuna di dette immagini esempio a detto classificatore.

12. Metodo secondo la rivendicazione 11, in cui ciascuna immagine di detta molteplicità di immagini esempio è una istanza di detto oggetto.

13. Metodo secondo la rivendicazione 11, in cui ciascuna immagine di detta molteplicità di immagini esempio è una istanza di detto oggetto rispetto a detto punto di riferimento.

14. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre un passo di misura della posizione tridimensionale del centro di massa di detto oggetto rispetto a detto punto di riferimento.

15. Metodo secondo la rivendicazione 14, in cui detto passo di misura comprende un passo di calcolo del punto di intersezione delle linee di vista

generate da due punti di osservazione.

16. Metodo secondo la rivendicazione 15, in cui per ognuno di detti punti di osservazione, il calcolo di detta linea di vista comprende i seguenti passi:

- stima di una prima trasformazione proiettiva $H_{\Gamma i}$ tra un primo piano tridimensionale noto (Γ), e la sua proiezione nel piano immagine (I_i);
- stima di una seconda trasformazione proiettiva $H_{\Pi i}$ tra un secondo piano tridimensionale noto (Π) e la sua proiezione nel piano immagine (I_i);
- stima di una prima proiezione ($B_{\Gamma i}$) del centro di massa (B) di detto oggetto da detto piano immagine (I_i) a detto piano tridimensionale noto (Γ) tramite la trasformazione proiettiva H1;
- stima di una seconda proiezione ($B_{\Pi i}$) del centro di massa (B) di detto oggetto da detto piano immagine (I_i) a detto piano tridimensionale (Π) tramite la trasformazione $H_{\Pi i}$;
- stima di detta linea di vista, a partire da rispettivi punti di intersezione con il piano (Γ) ed il piano (Π).

17. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto passo di calcolare detta posizione relativa di detto oggetto rispetto a detto punto di riferimento è eseguito tramite un secondo sistema decisionale di tipo metrico.

18. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre un passo di memorizzare ciascuna di dette immagini acquisite.

19. Sistema per la rilevazione della posizione relativa di un oggetto rispetto ad un punto di riferimento comprendente:

- uno o più sottosistemi (2, 2', 2", 3, 3') di acquisizione di immagini; ed
- una unità di elaborazione (4) di dette immagini acquisite.

20. Sistema secondo la rivendicazione 19, in cui almeno uno di detti uno o più sottosistemi di acquisizione di immagini è un sottosistema di tipo monoculare (2, 2', 2").

21. Sistema secondo la rivendicazione 20, in cui ciascun sottosistema monoculare (2, 2', 2") comprende un solo trasduttore di immagini (11).

22. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 19 a 21, in cui almeno uno di detti uno o più sottosistemi di acquisizione di immagini è un sottosistema di tipo binoculare (3, 3').

23. Sistema secondo la rivendicazione 22, in cui ciascun sottosistema di tipo binoculare (3, 3') comprende due trasduttori di immagini (11).

24. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 21 a 23, in cui ciascuno di detti trasduttori di immagini è una telecamera (11).

25. Sistema secondo la rivendicazione 24, in cui detta telecamera è atta ad acquisire almeno 262 immagini/sec, con una risoluzione di almeno 512 X 512 pixels.

26. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 19 a 25, comprendente inoltre mezzi per la memorizzazione (12,13;12',13') di dette immagini acquisite.

27. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 19 a 26, in cui ciascun sottosistema di acquisizione di immagini (2, 2', 2", 3, 3') comprende inoltre mezzi di calcolo (14;14') atti a calcolare detta posizione relativa di detto oggetto rispetto a detto punto di riferimento.

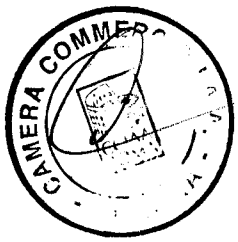
28. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 19 a 27, atto ad attuare un metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 18.

29. Campo da gioco (100) comprendente un sistema per la rilevazione della

posizione relativa di un oggetto rispetto ad un punto di riferimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 19 a 28.

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

Daniele T. [illegible]
(Iscr. Albo n. 833 B)



RM2001 A 000045 SIB 92425

PROSPETTO A

RIASSUNTO INVENZIONE CON DIS. PRINC., DESCRIZIONE E RIV.

N° DOMANDA REG.A DATA DEP. 29 GEN. 2001

N° BREVETTO DATA RIL.

D. TITOLO

"SISTEMA E METODO PER LA RILEVAZIONE DELLA POSIZIONE RELATIVA DI UN OGGETTO RISPETTO AD UN PUNTO DI RIFERIMENTO"

L. RIASSUNTO

Un sistema per la rilevazione della posizione relativa di un oggetto rispetto ad un punto di riferimento comprende uno o più sottosistemi per l'acquisizione di immagini ed una unità di elaborazione di dette immagini acquisite atta ad analizzare tali immagini sulla base di tecniche di riconoscimento e localizzazione.

M. DISEGNO

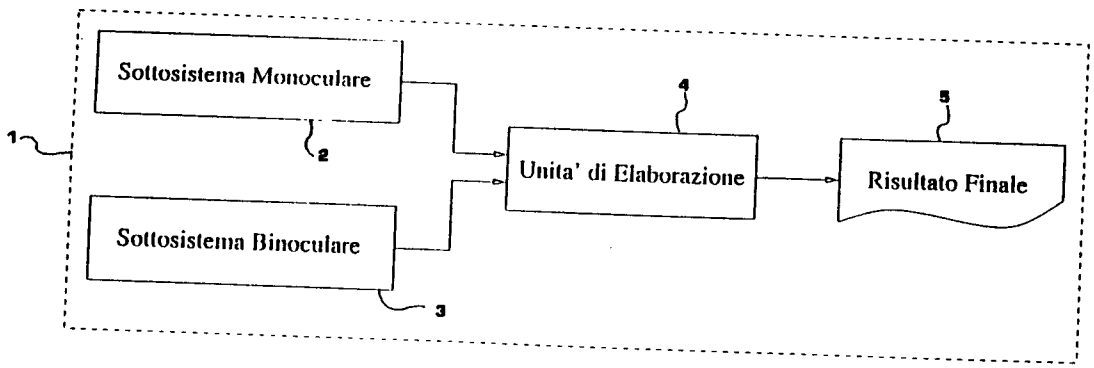


Fig.1

RMR0173

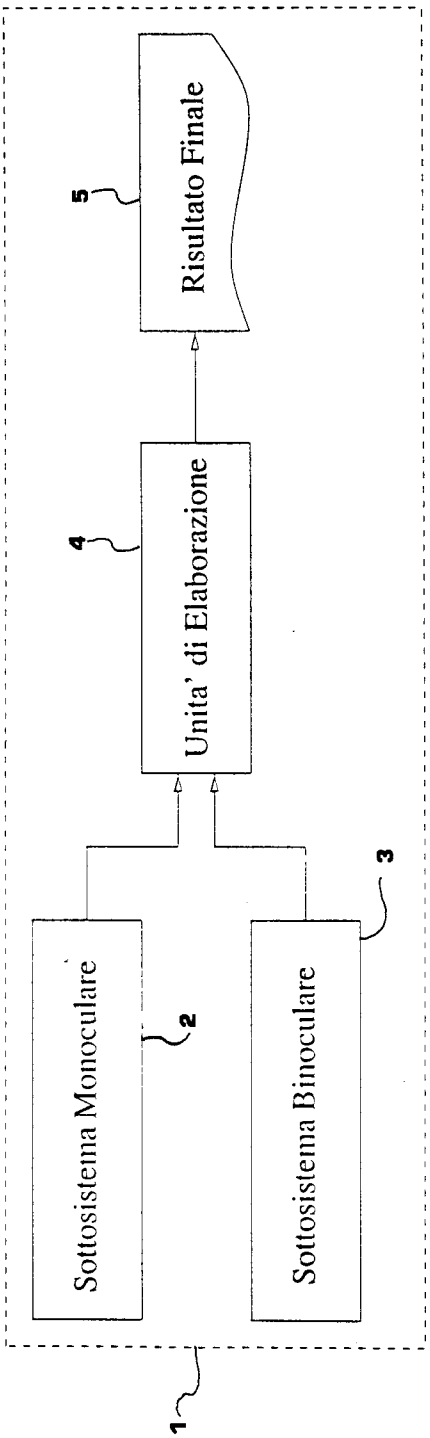


Fig.1

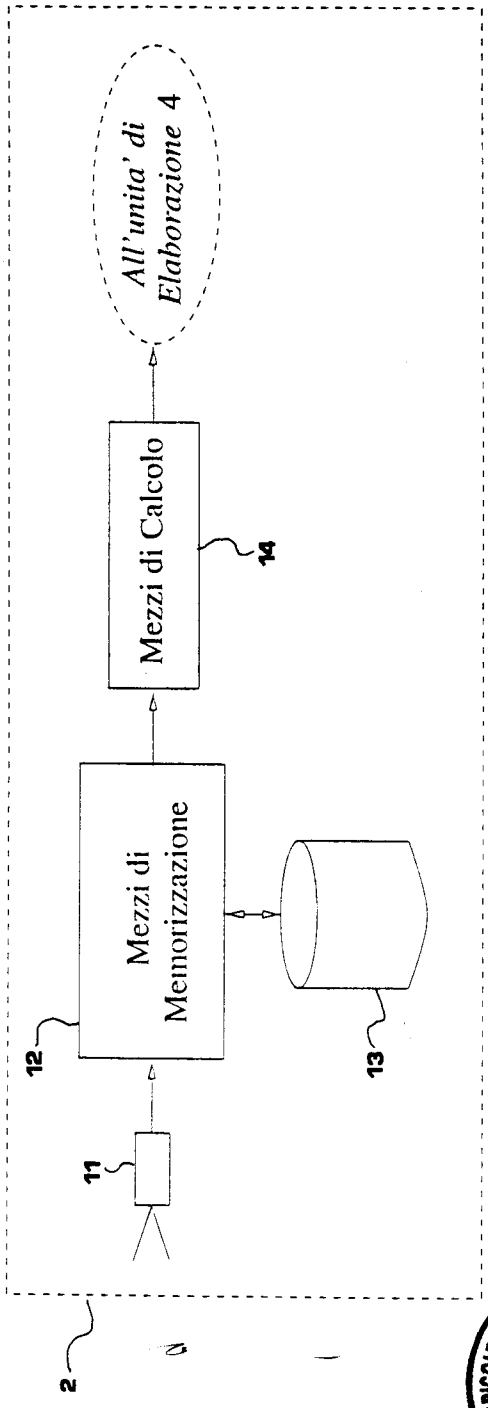
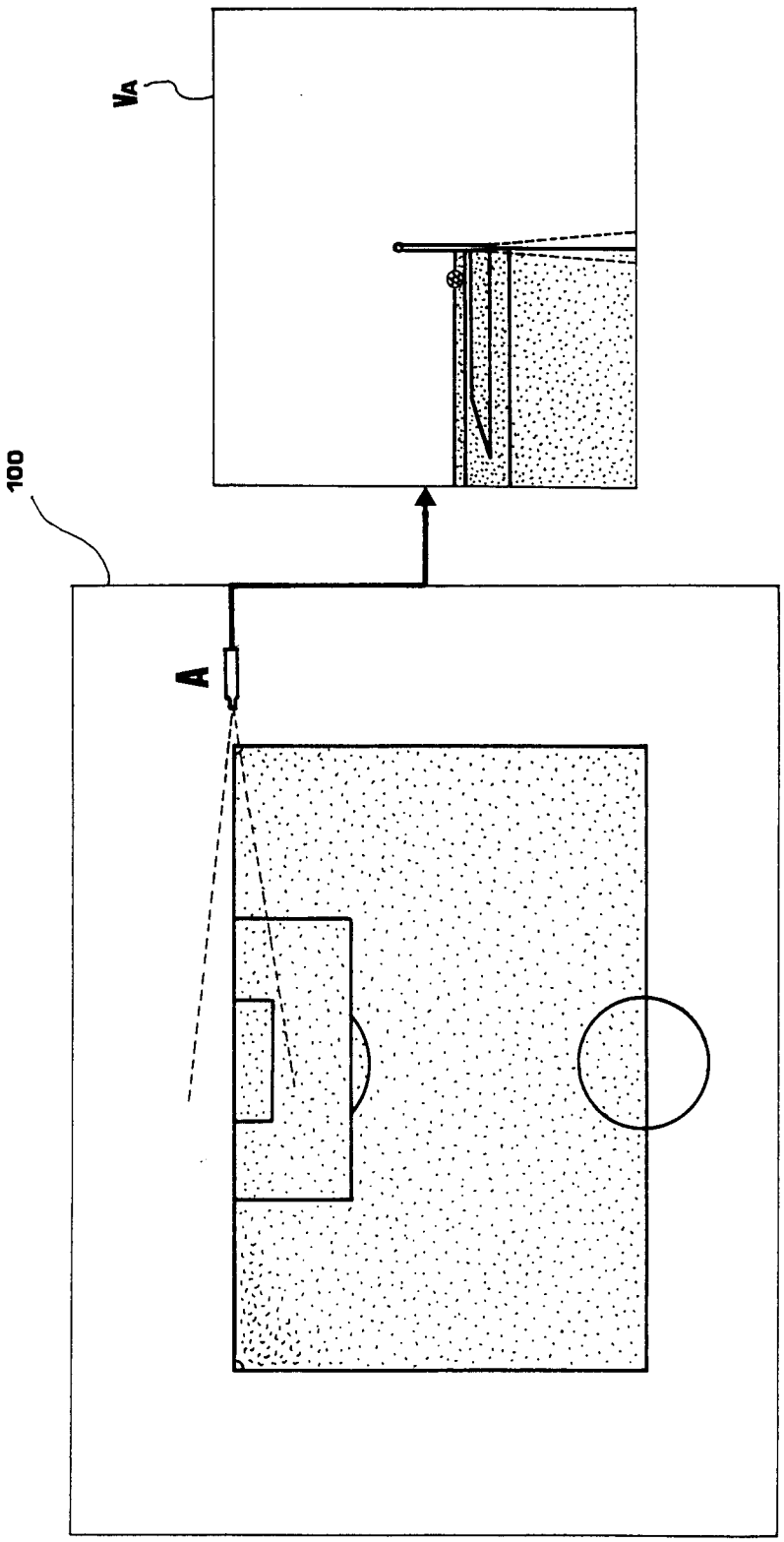


Fig.2

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA - ROMA

Daniele T. [illegible]
(Iscr. Albo n. 835 B)

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche



RMR0173

Fig.3

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA

(Iscr. Albo n. 833 B)

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

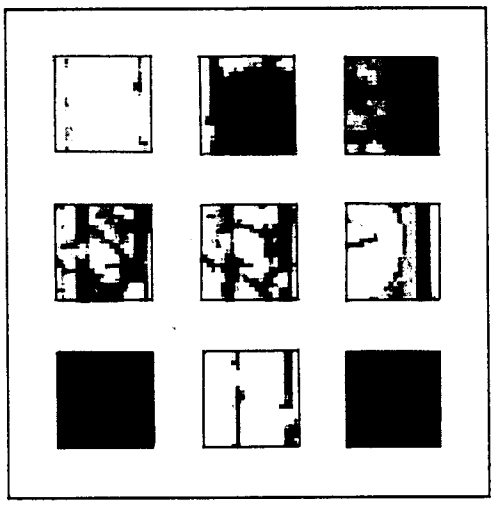


Fig.4b

RMR0173

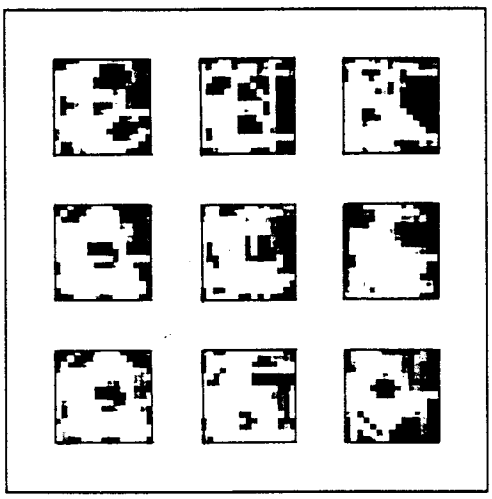
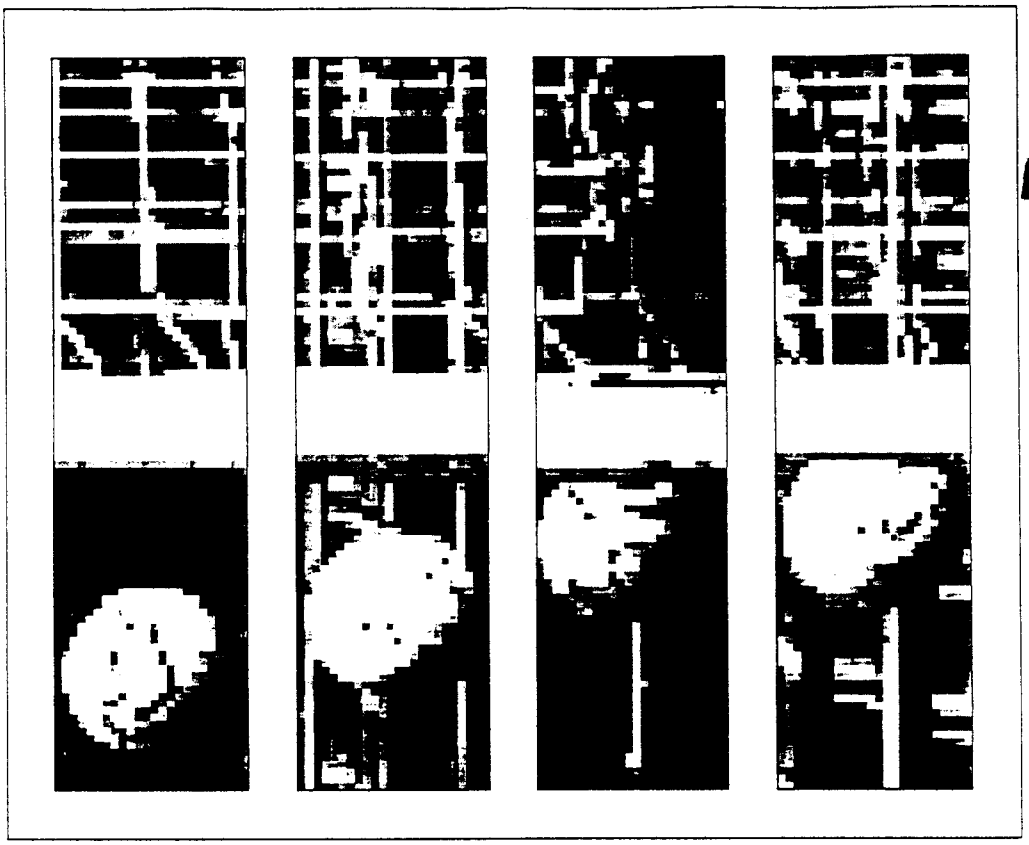


Fig.4a

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA

Daniele E. Iacobelli
(Iscr. Albo n. 533 B)

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche



RMR0173

Fig.5b

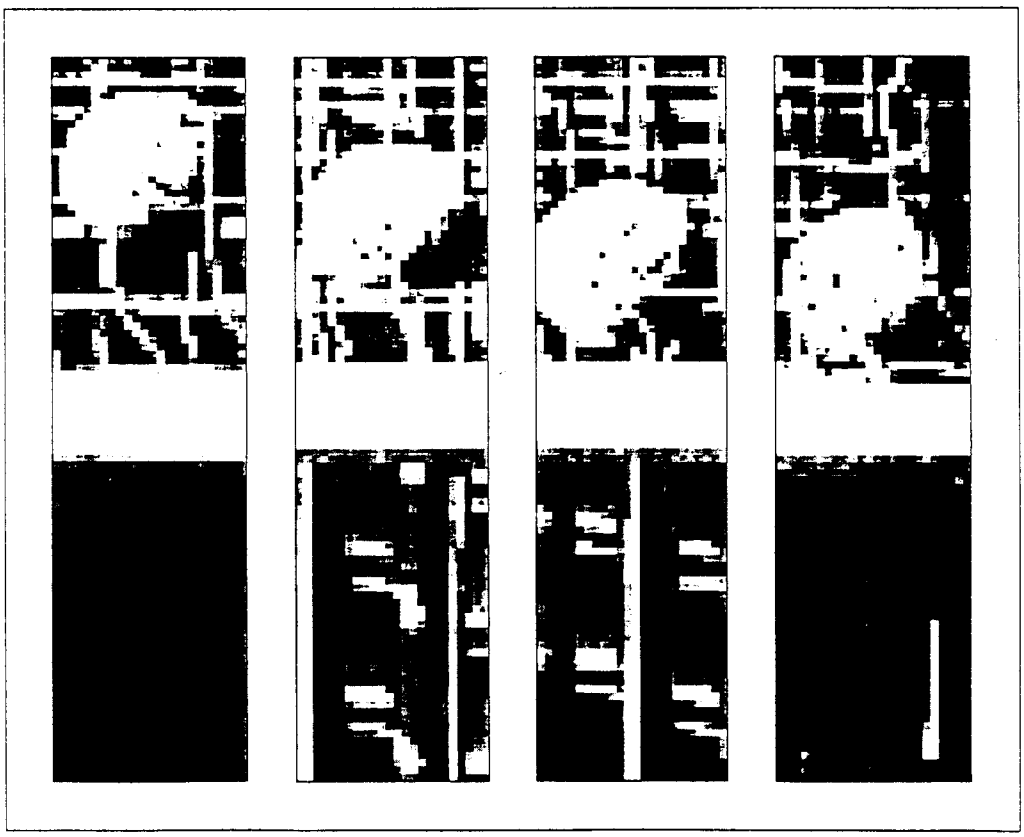


Fig.5a

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO & AGRICOLTURA

Daniele T. [illegible]
(Iscr. Albo n. [illegible])

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

RMR0173

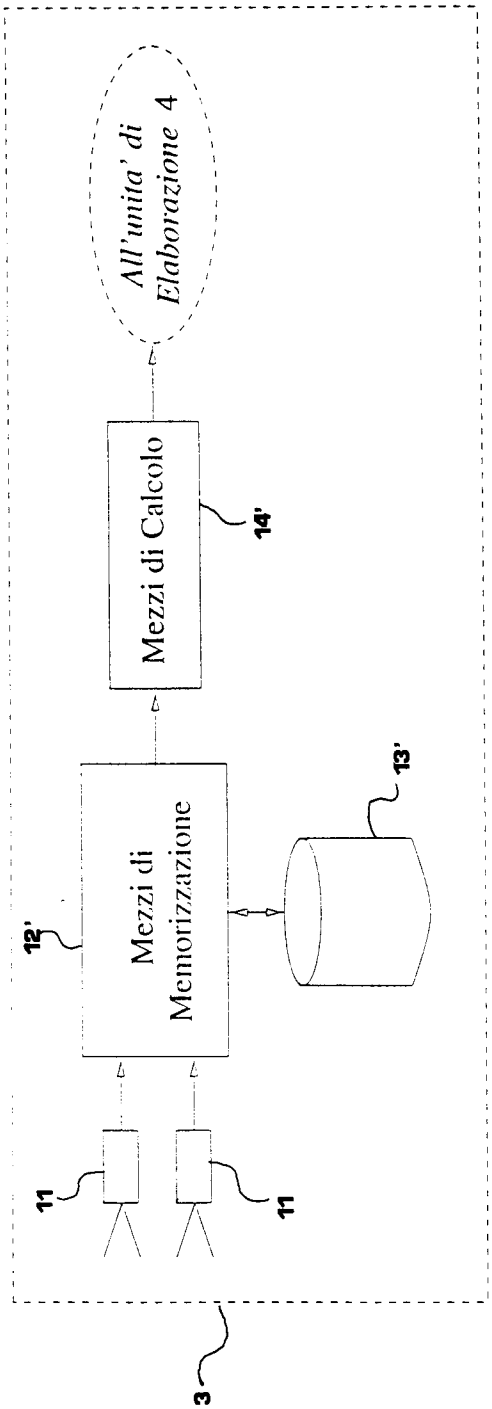


Fig.6

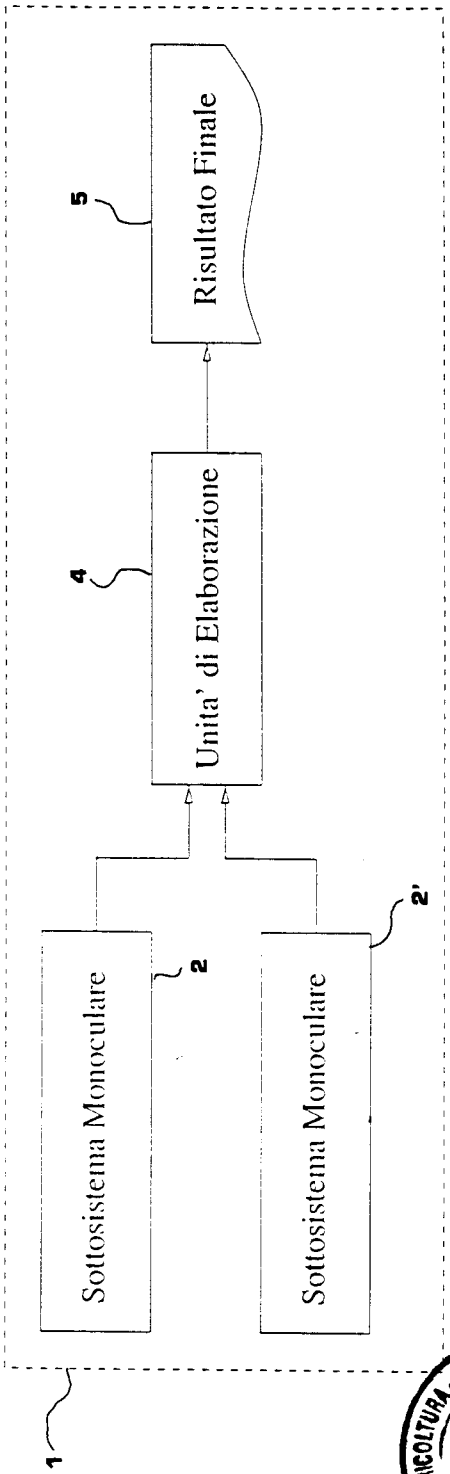


Fig.10

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA

Daniele T. Iacobelli
(Iscr. Albo n. 833 B)

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

RMR0173

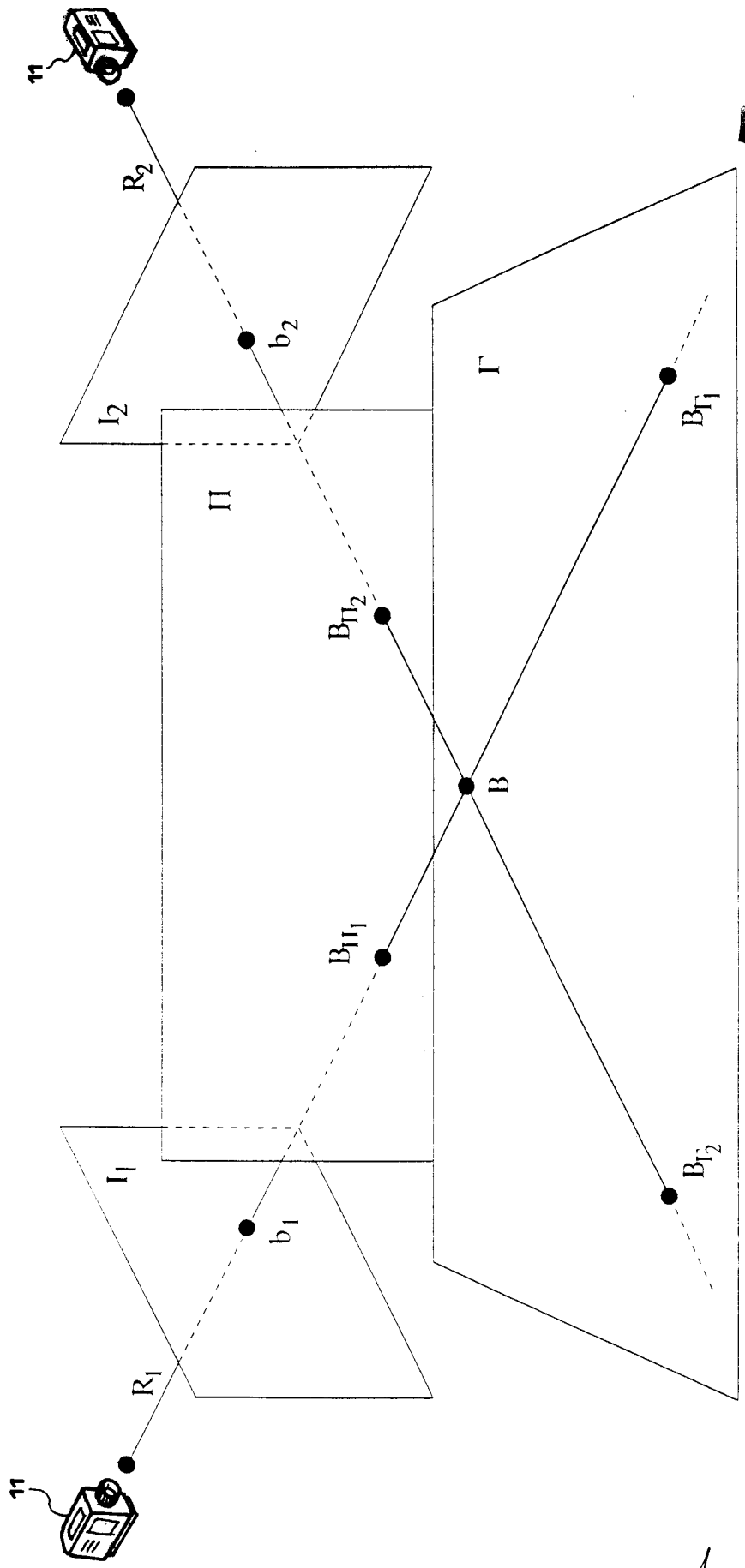


Fig.7

Daniele T. Iacobelli
(Iscr. Albo n. 833 B)

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

RMR0173

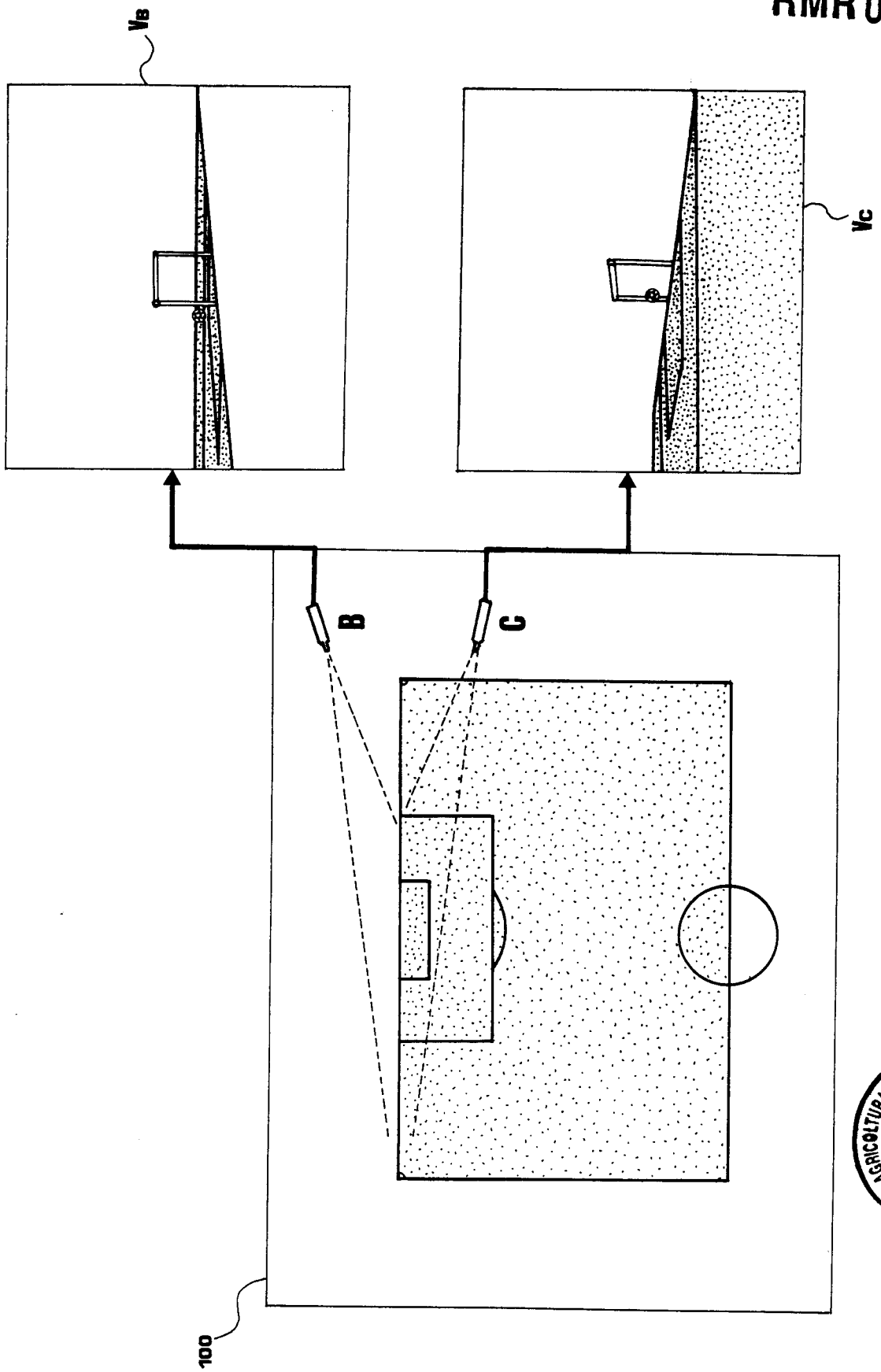


Fig.8

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA

Daniele T. Iacobelli
(iscr. Albo n. 834 B)

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

RMR0173

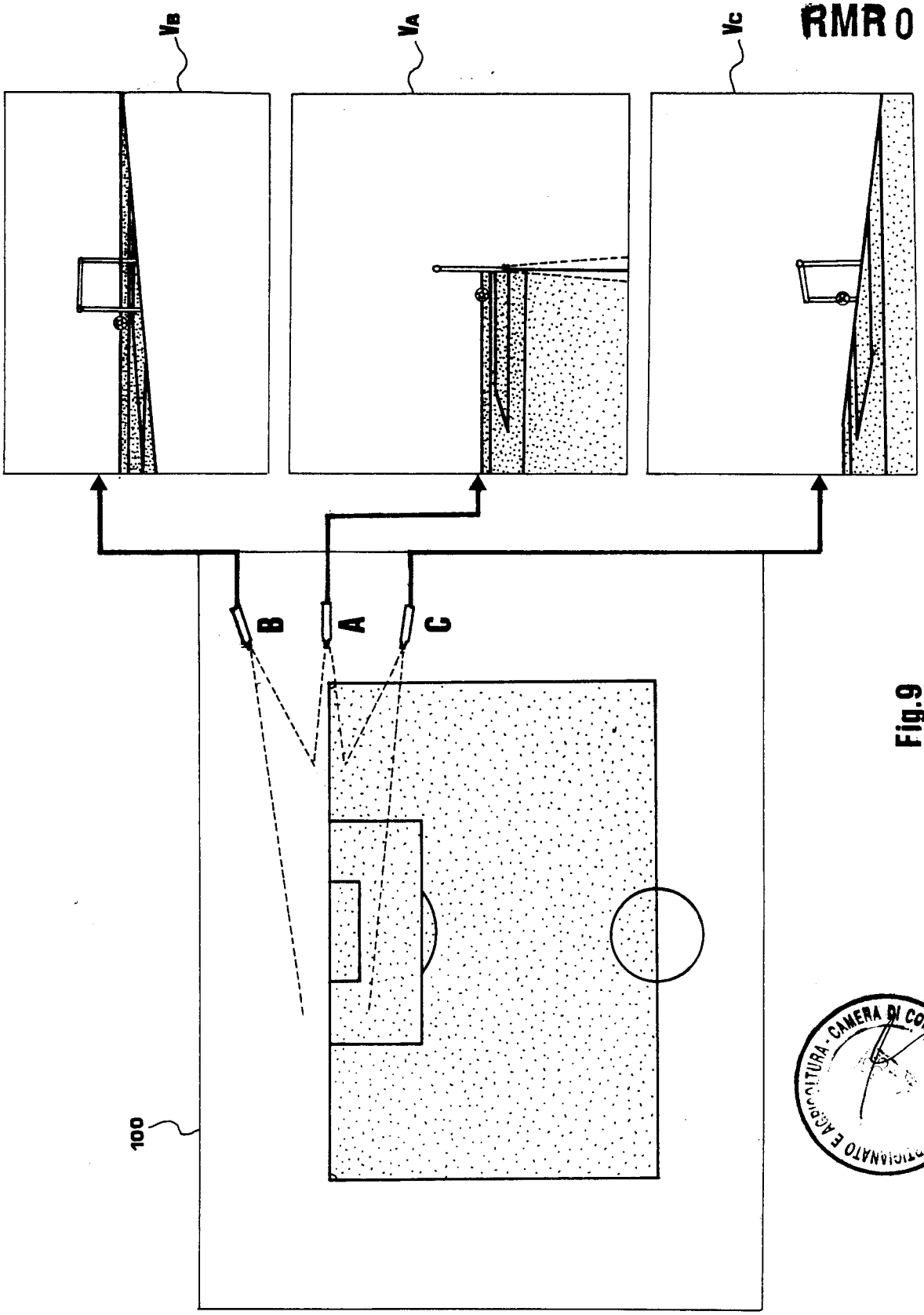


Fig.9

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

RMR0173

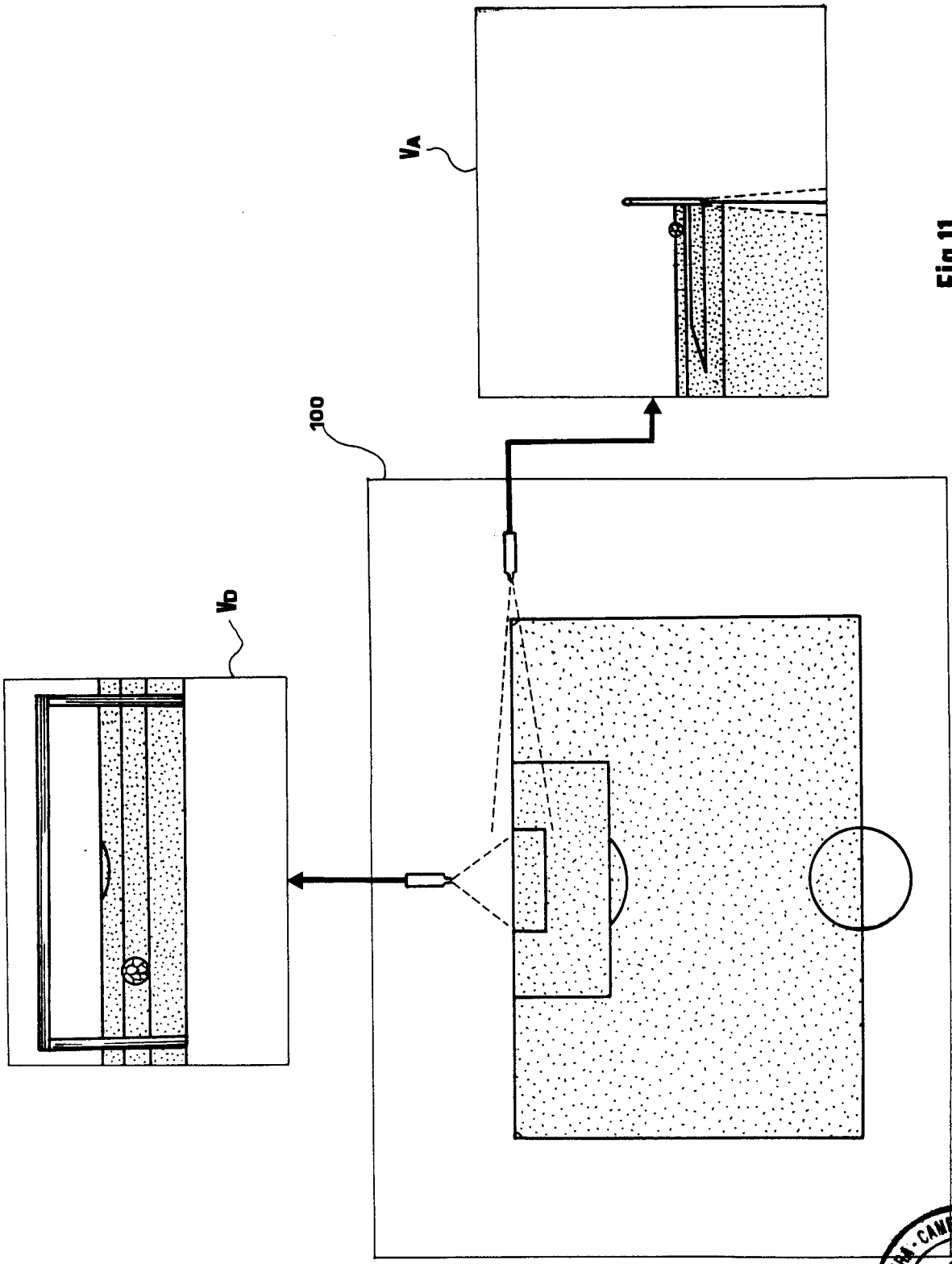


Fig.11

Daniele T. Iacobelli
(Iscr. Albo n. 833 B)

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

RMR0173

Fig.12

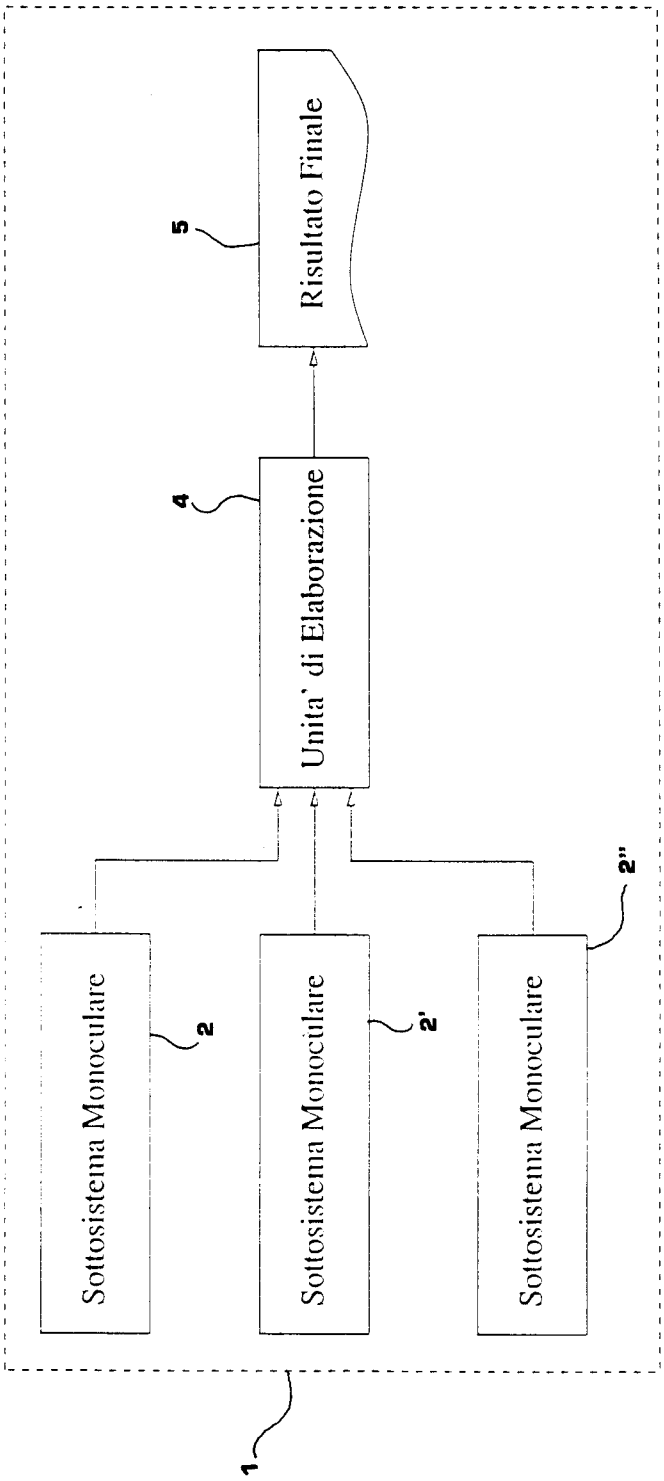
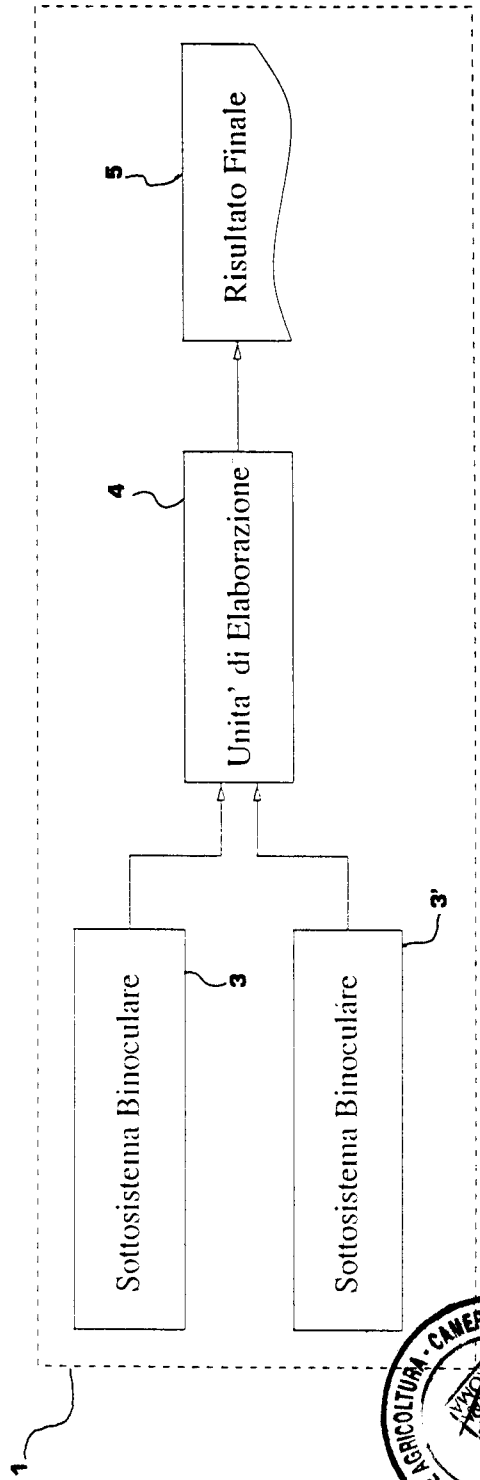


Fig.14



CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

RMR0173

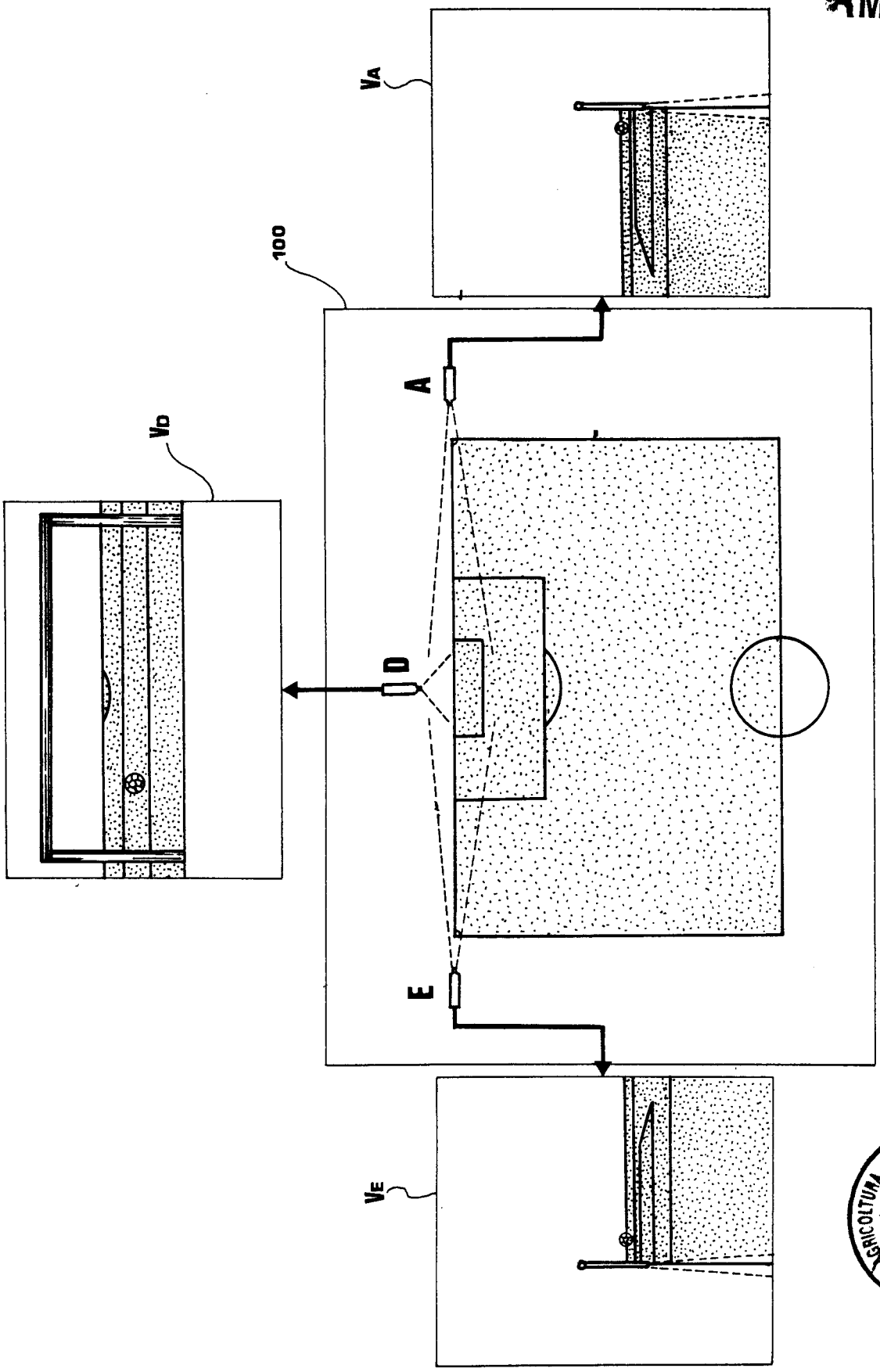


Fig.13

REGISTRATO E VIDIMATO - CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA AGRICOLTURA

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche

RMR0173

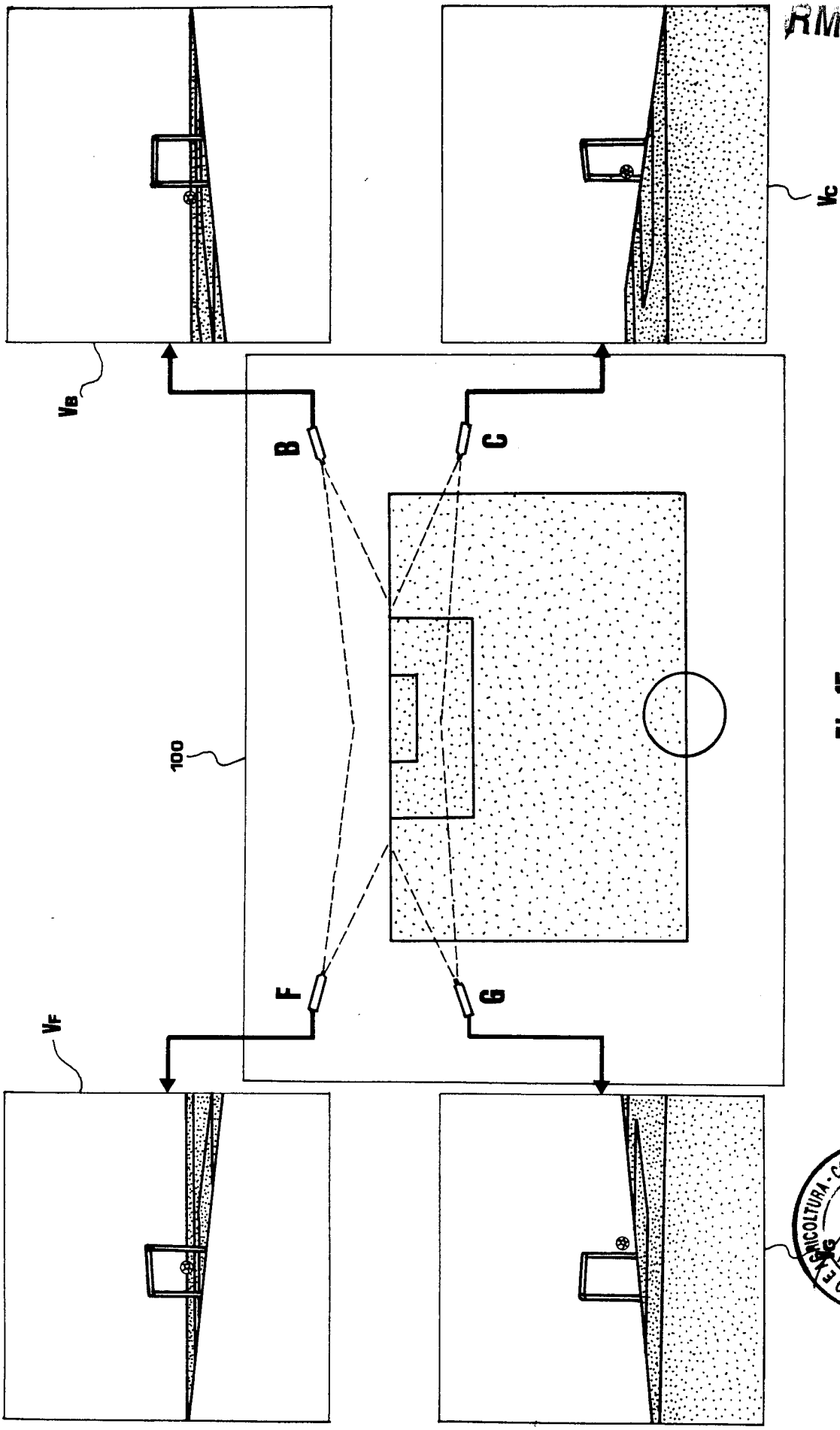


Fig.15

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA

Daniele T. Iacobelli
833

p.p. Consiglio Nazionale delle Ricerche